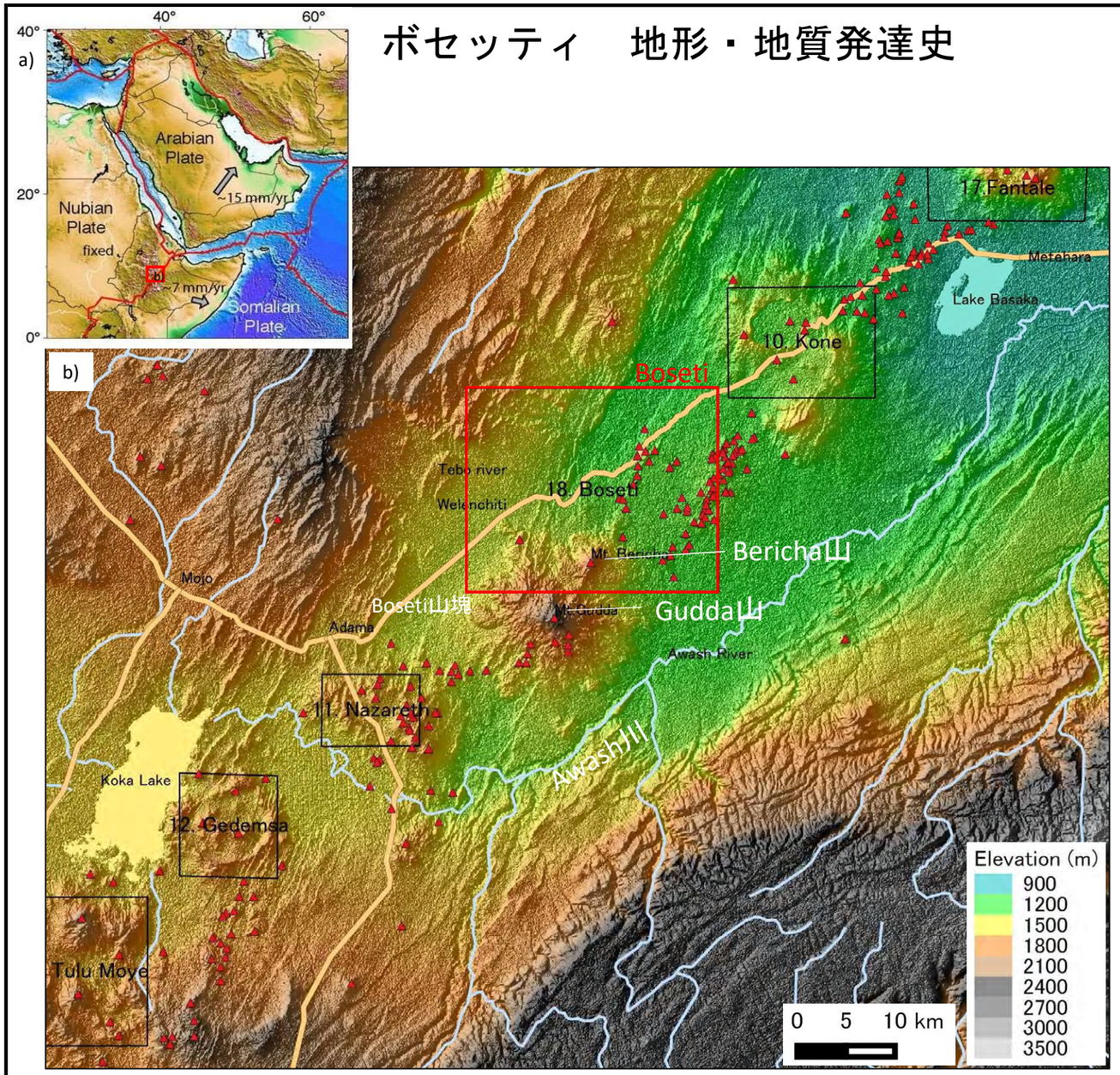
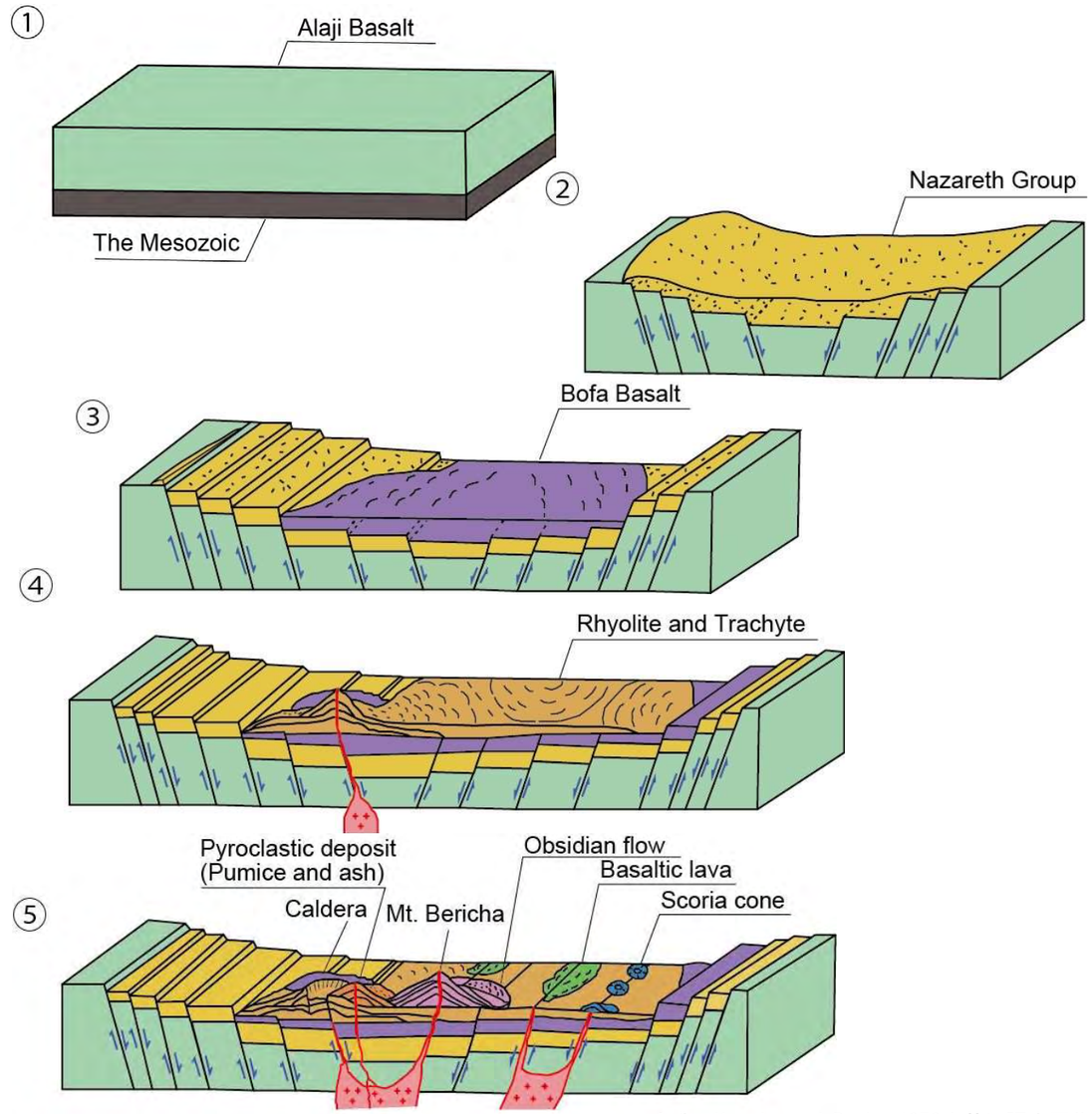
ボセッティ　地熱サイト

Boseti

ボセッティ　地形・地質発達史



出典：a) Keir et al, 2013に加筆、b) 調査団作成



出典：Kazmin and Berhe, 1978を基に調査団作成

ボセッティの地形・地質概要

a) ボセッティは、アディスアベバから南西へ約90km、北東一南西方向へ発達するエチオピア地溝帯の中央部に位置する。エチオピア地溝帯の南西側のSomalianプレートは現在も約7mm/年の速度で移動していると考えられている。

b) ボセッティ周辺のエチオピア地溝帯には、マスタープラン調査において地表調査を実施しFantale、Kone、Nazareth、Gedemsa等の地熱サイトが北東一南西方向に点在している。エチオピア地溝帯南東側の断裂帯は明瞭で、比高差は1000～2000mに及ぶ。地溝帯内部には、北東-南西方向の断裂系が発達するとともに、断裂系に沿った第四紀の火山が多く分布している。

ボセッティ周辺の南東部にKoka Lakeが存在し、Koka Lakeを水源とするAwash川がサイトの南～南西部を流下している。またボセッティ西～北西～北部にも小河川が分布している。

ボセッティ周辺の地形・地質発達史

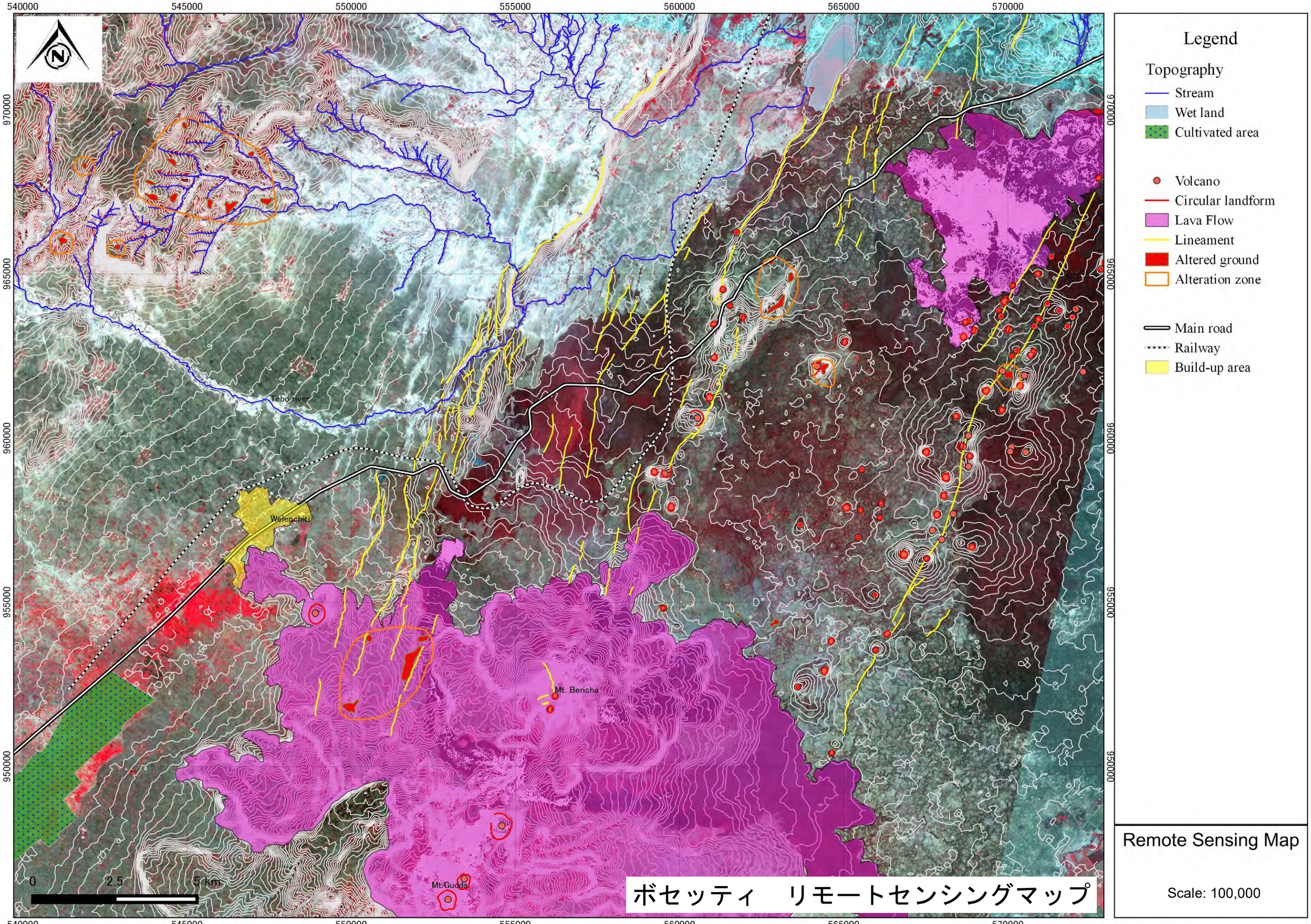
① 14-10Ma：地溝帯の形成の始まりは14-10Maと考えられている。地溝帯形成前にはAlaji火山活動などのバイモーダル火山活動による玄武岩や珪長質岩類が分布し、本調査地域の基盤岩を構成している。

② 10-4.0Ma：地溝帯内部で珪長質の火山活動により噴出・堆積したNazareth Groupが基盤岩を覆っている。

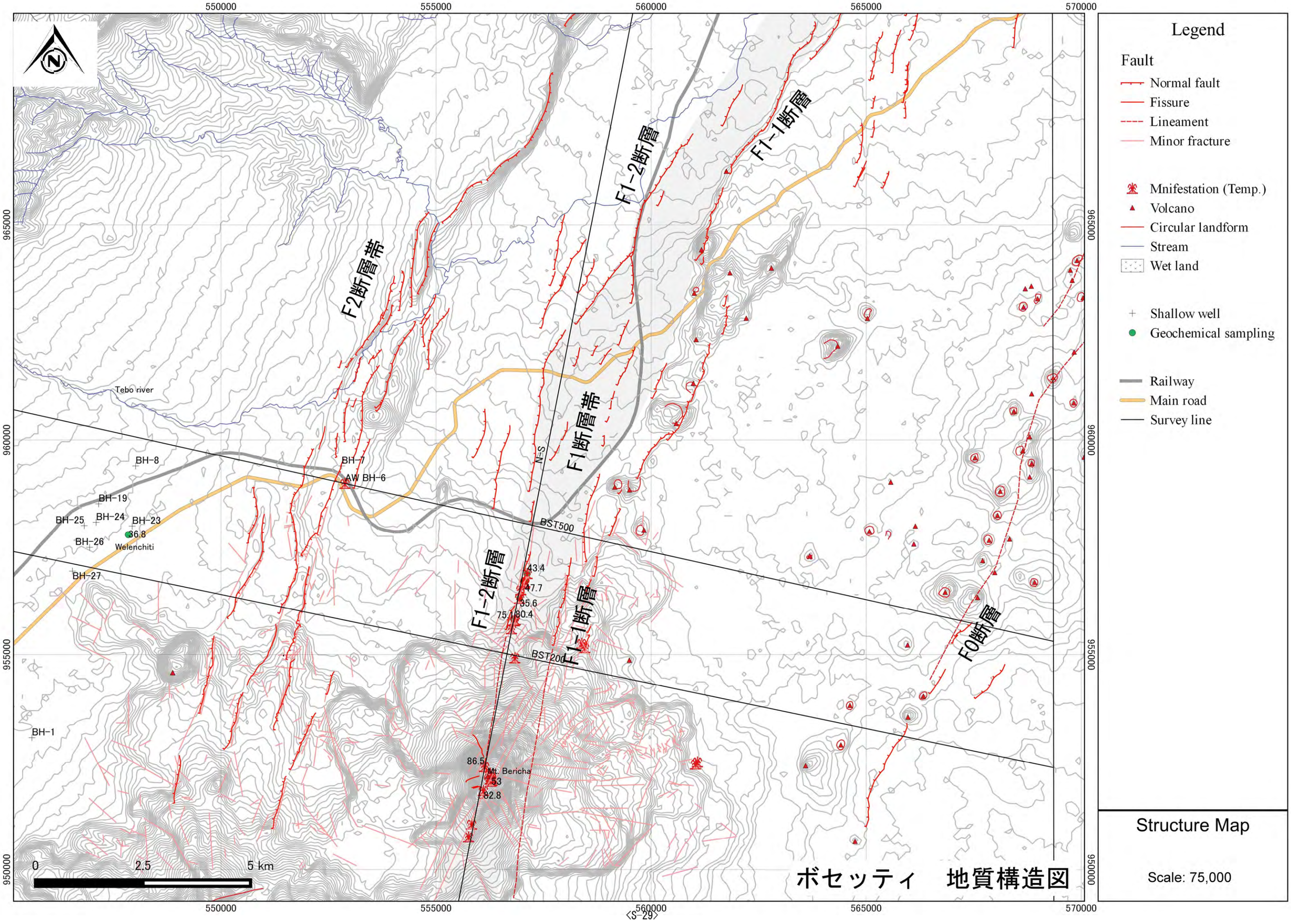
③ 3.5-2.0Ma：地溝帯内の断裂系に沿った割れ目噴火によりBofa玄武岩が広く地溝帯底部に噴出した。

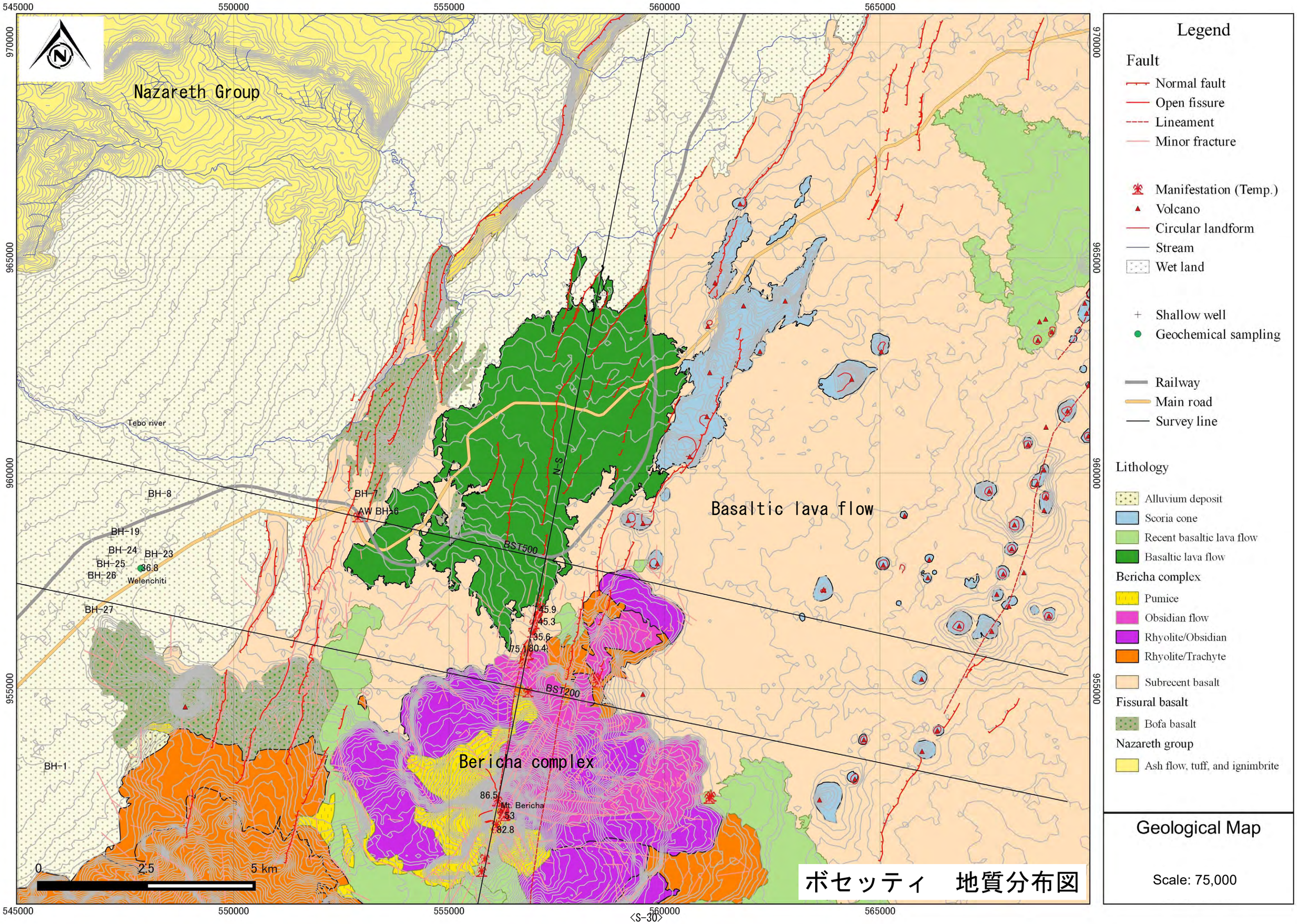
④ 1.8-0.1Ma：現在のBoseti山塊や調査地北方のHada山等において流紋岩一粗面岩溶岩を中心した火山活動が活発化し、山体を形成するほか、地溝帯中の低地に堆積した。これによりBoseti山塊にはカルデラが形成。

⑤ ～現在：カルデラ形成後、サイト南方のGudda山およびBericha山において流紋岩や玄武岩、黒曜岩溶岩が噴出し、現在の山容を形成した。最も最近の火山活動は、Bericha山の黒曜岩の噴出が、0.2Maと推定されている。



ボセッティ　リモートセンシングマップ


550000
555000
560000
565000
570000
965000
960000
955000
950000
F2断層帯
F1-2断層
F1-1断層
F1断層帯
F1-2断層
F1-1断層
F0断層
N-S
Tebo river
BH-8
BH-7
AW BH-6
BH-19
BH-25
BH-24
BH-23
BH-26
36.8
Welenchiti
BH-27
BST500
43.4
47.7
35.6
75.1
80.4
BST200
BH-1
86.5
Mt. Bericha
53
82.8
0
2.5
5 km
ボセッティ　地質構造図
Legend
Fault
Normal fault
Fissure
Lineament
Minor fracture
Mnifestation (Temp.)
Volcano
Circular landform
Stream
Wet land
Shallow well
Geochemical sampling
Railway
Main road
Survey line
Structure Map
Scale: 75,000

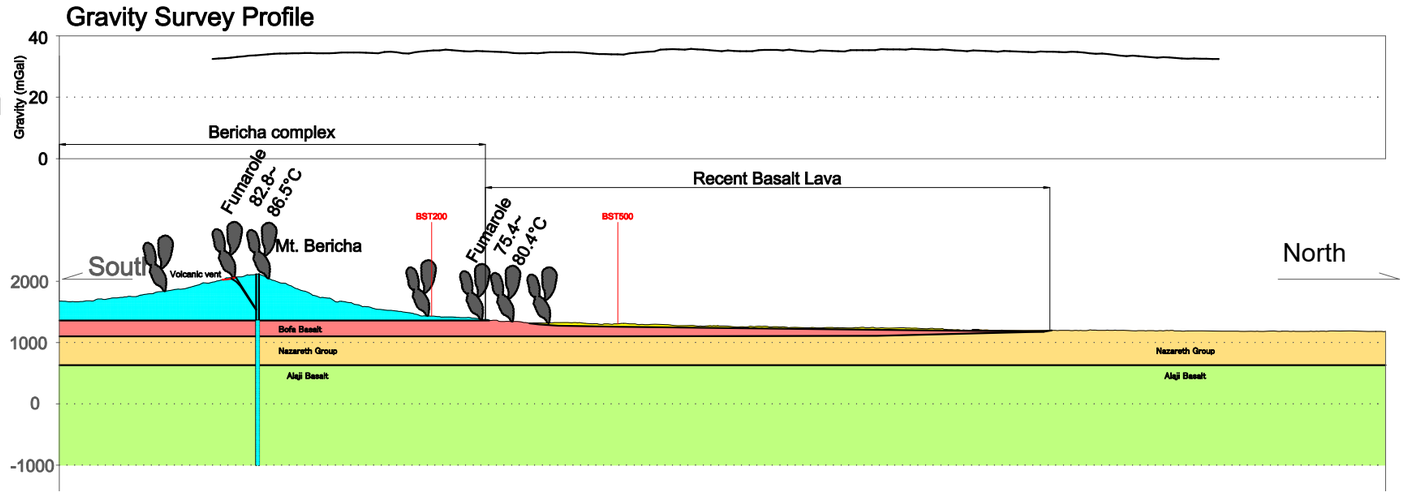

Nazareth Group
Basaltic lava flow
Bericha complex
Tebo river
BH-8
BH-7
AW BH-6
BH-19
BH-24
BH-23
BH-25
BH-26
36.8
Welenchiti
BH-27
BH-1
N-S
BST500
BST200
45.9
45.3
35.6
75.1
80.4
86.5
Mt. Bericha
53
82.8
0
2.5
5 km
545000
550000
555000
560000
565000
970000
965000
960000
955000
Legend
Fault
Normal fault
Open fissure
Lineament
Minor fracture
Manifestation (Temp.)
Volcano
Circular landform
Stream
Wet land
Shallow well
Geochemical sampling
Railway
Main road
Survey line
Lithology
Alluvium deposit
Scoria cone
Recent basaltic lava flow
Basaltic lava flow
Bericha complex
Pumice
Obsidian flow
Rhyolite/Obsidian
Rhyolite/Trachyte
Subrecent basalt
Fissural basalt
Bofa basalt
Nazareth group
Ash flow, tuff, and ignimbrite
Geological Map
Scale: 75,000
ボセッティ　地質分布図

ボセッティ　地質断面図

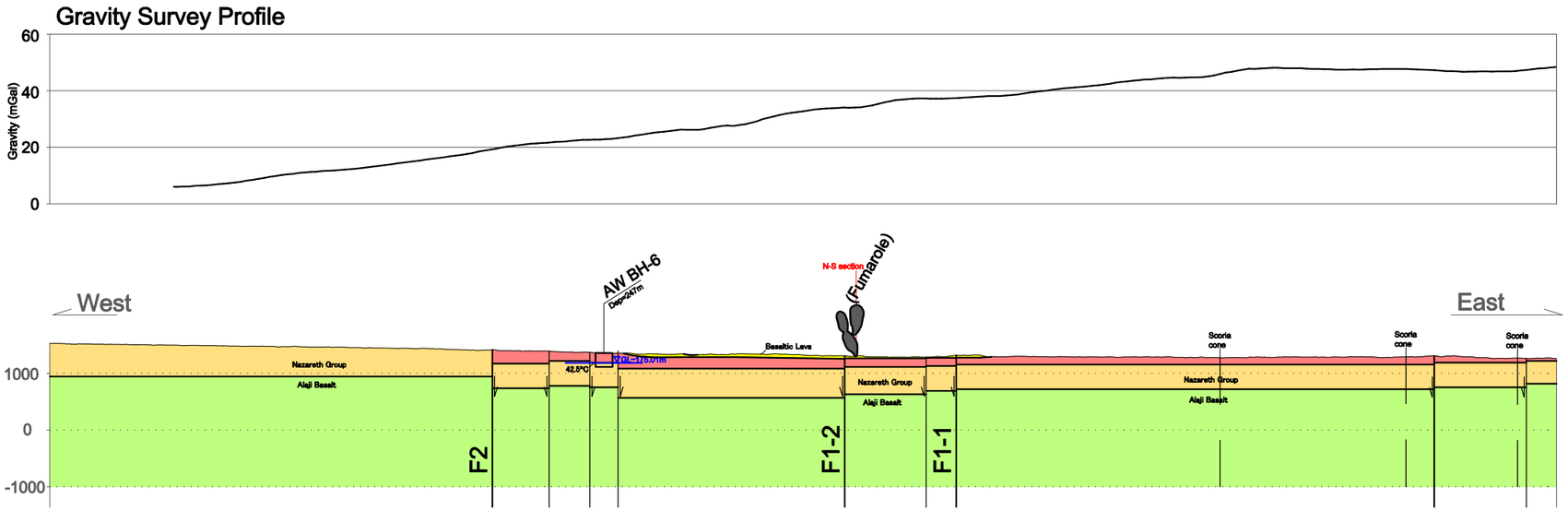
○基盤岩の玄武岩の上に、火山噴出物からなる
　透水性の高いNazareth groupが被覆している。
○その上位には、玄武岩、流紋岩、
　黒曜岩溶岩などが被覆する。

○給水用の浅井戸から、深度170m付近に温泉の
　帯水層が存在する。
○Nazareth groupの透水性の高い層準が
　帯水層を構成していると考えられる。

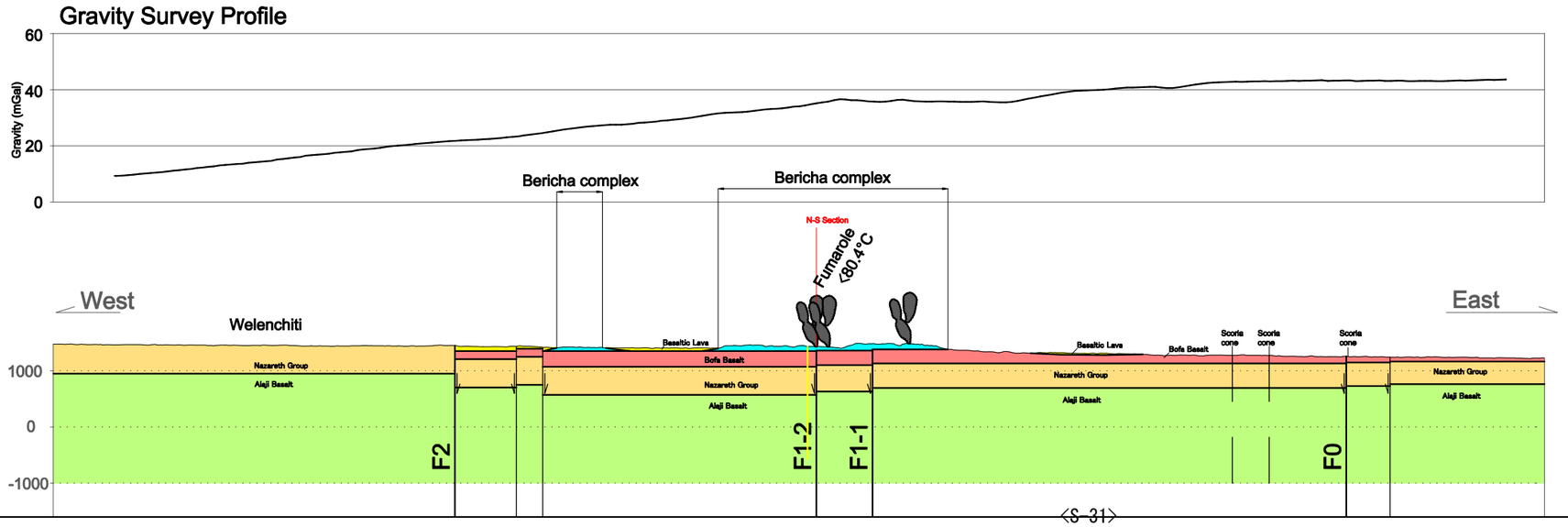
N-S Section



BST500



BST200



Legend

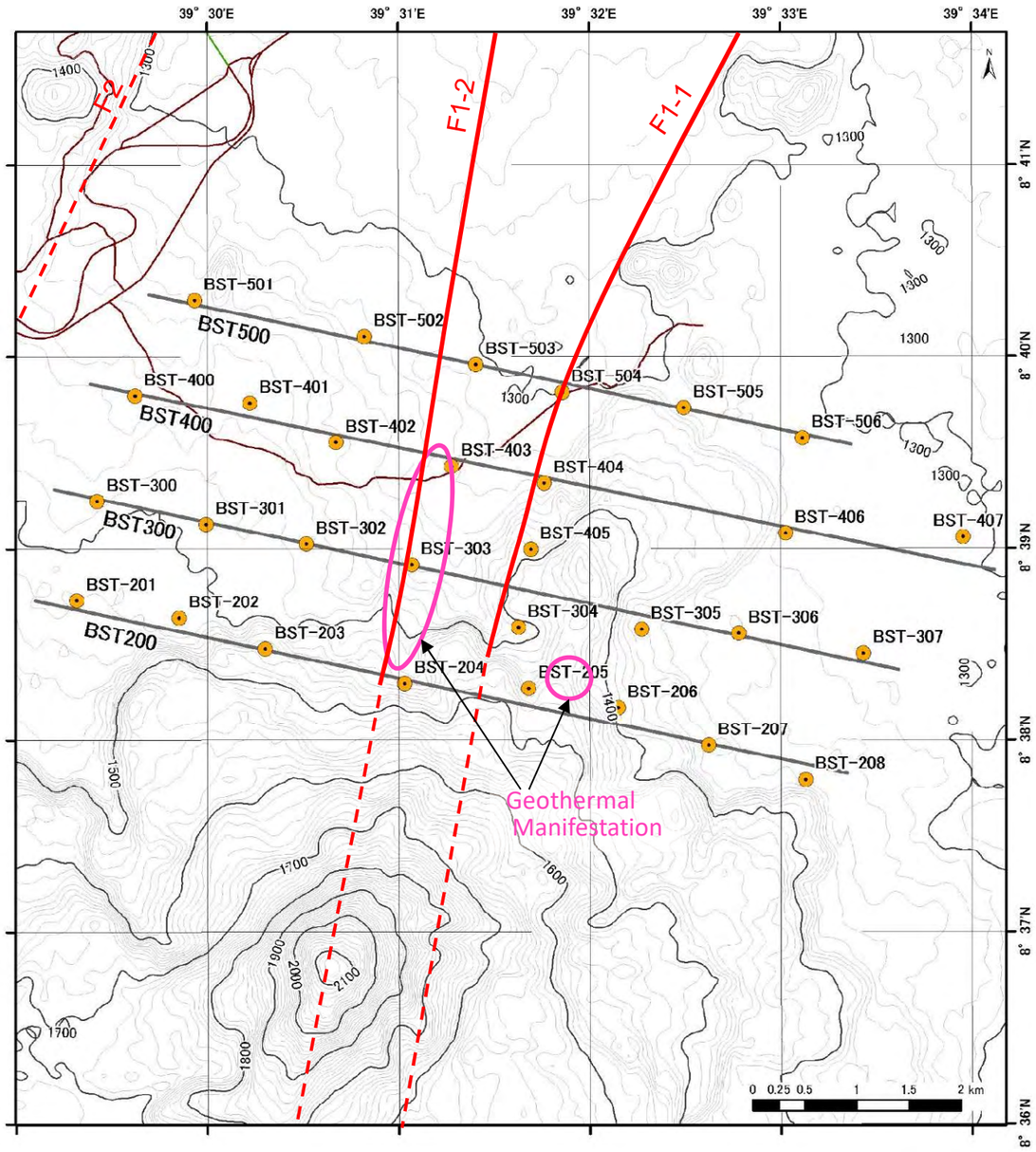
Lithology

- Recent Basaltic Lava Flow
- Bericha Complex (Obsidian, trachyte and basalt lava flow)
- Bofa Basalt
- Nazareth Group (Ash flow tuff, ignimbrite and unwelded tuff)
- Alaji Basalt
- Fault
- Geothermal manifestation

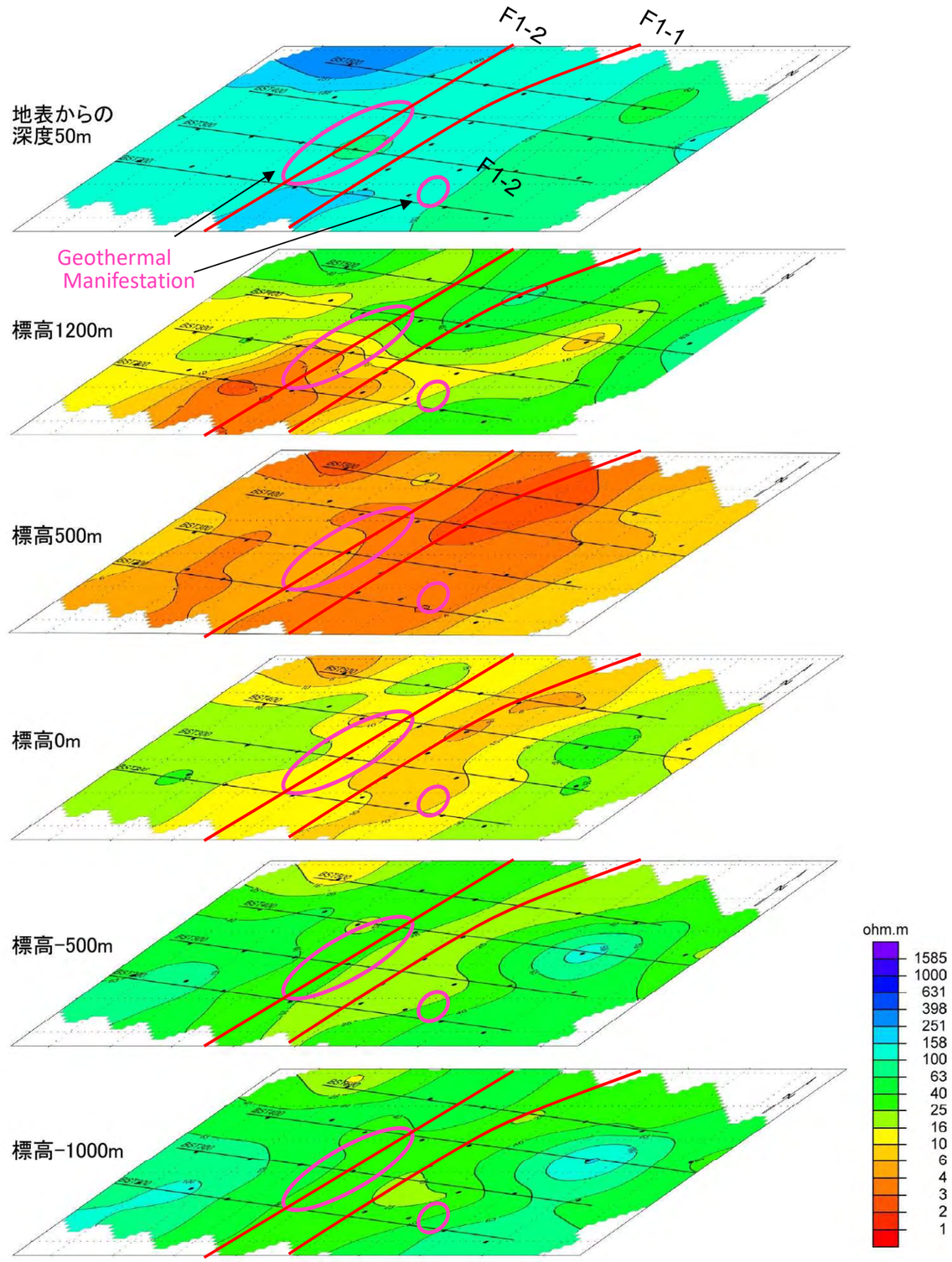
Geological Cross Section

Scale: 100,000

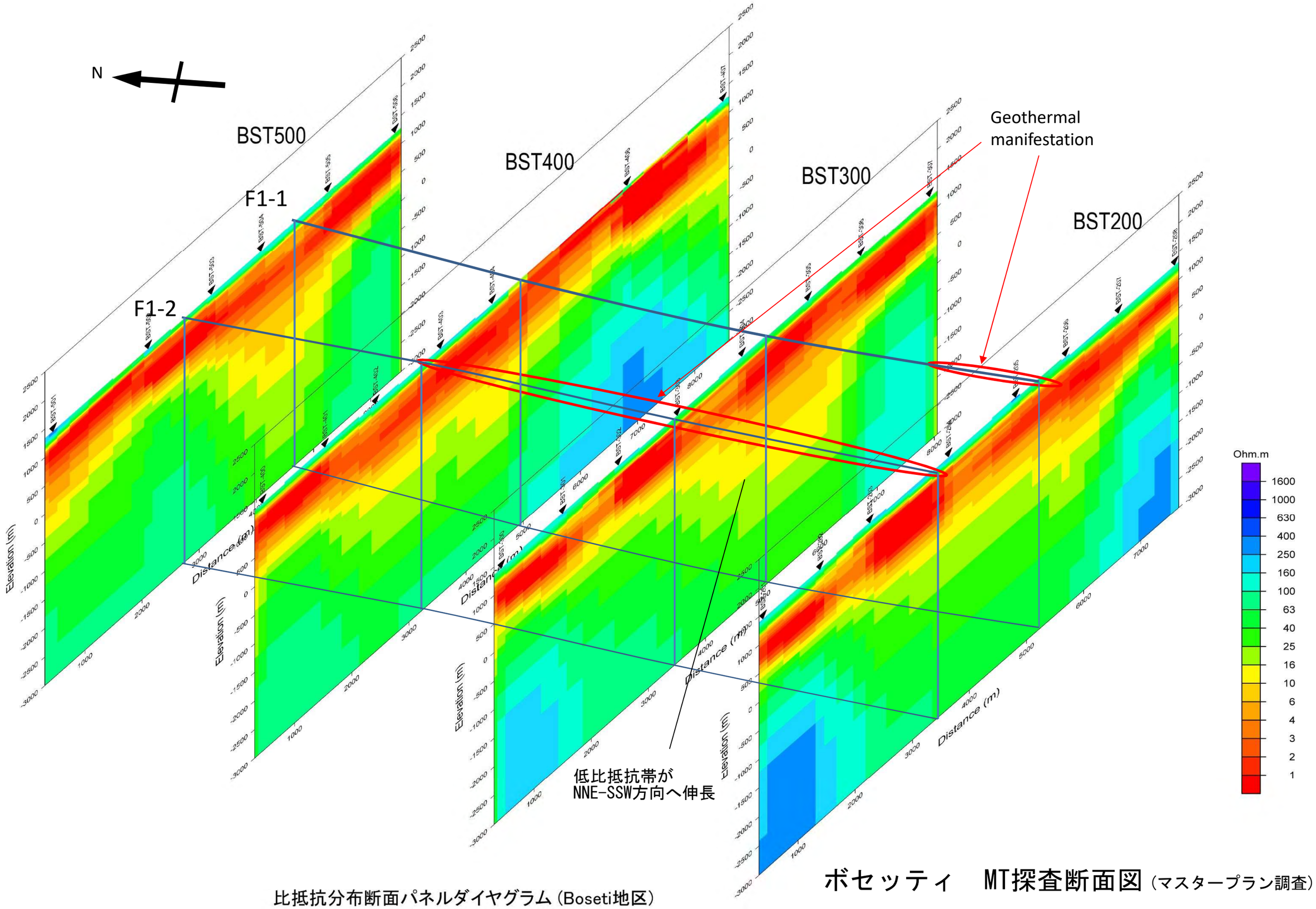
ボセッティ　MT探査平面図（マスタープラン調査）



測点位置図（Boseti地区）

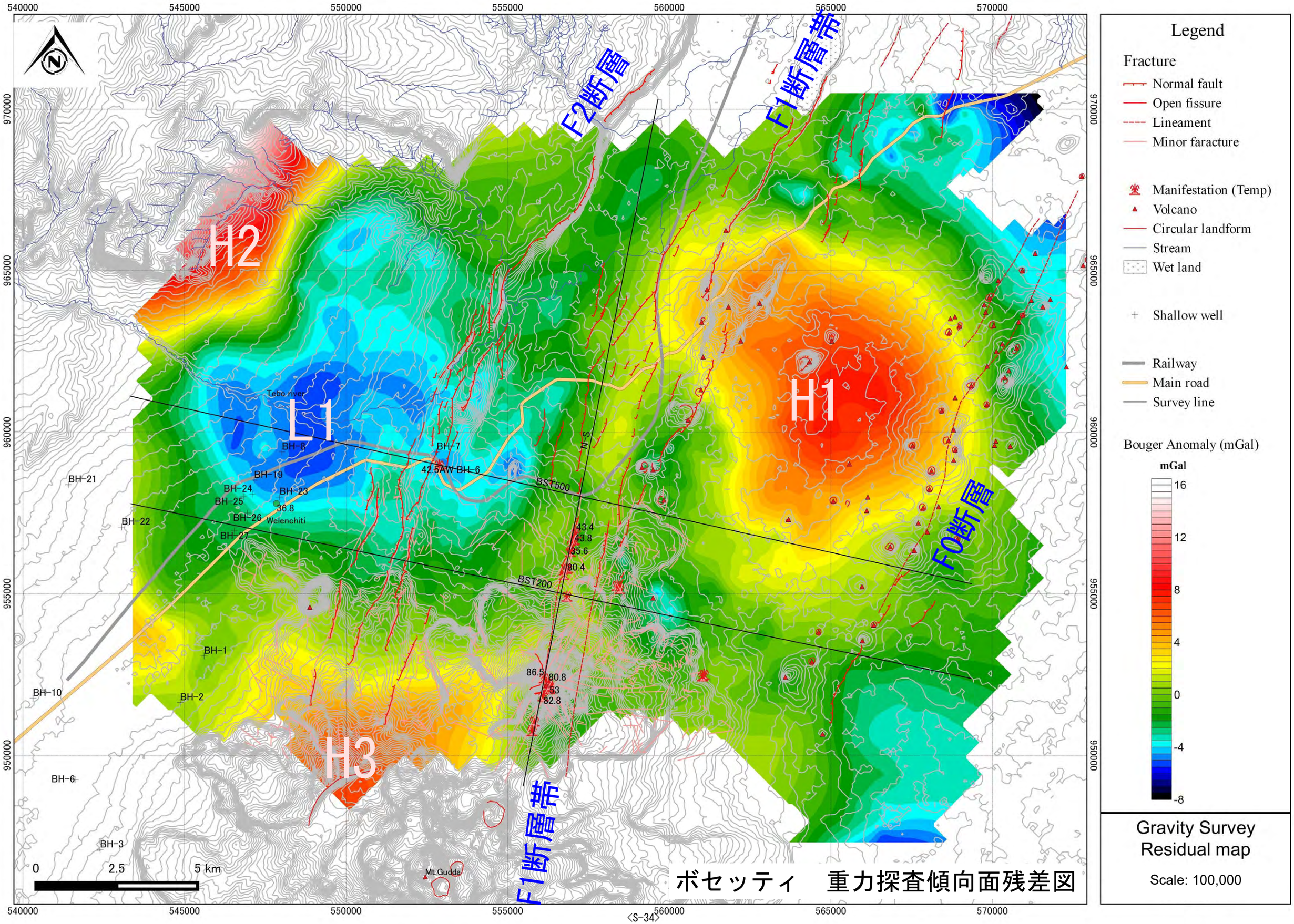


比抵抗分布パネルダイヤグラム（Boseti地区）



比抵抗分布断面パネルダイヤグラム（Boseti地区）

ボセッティ　MT探査断面図（マスタープラン調査）

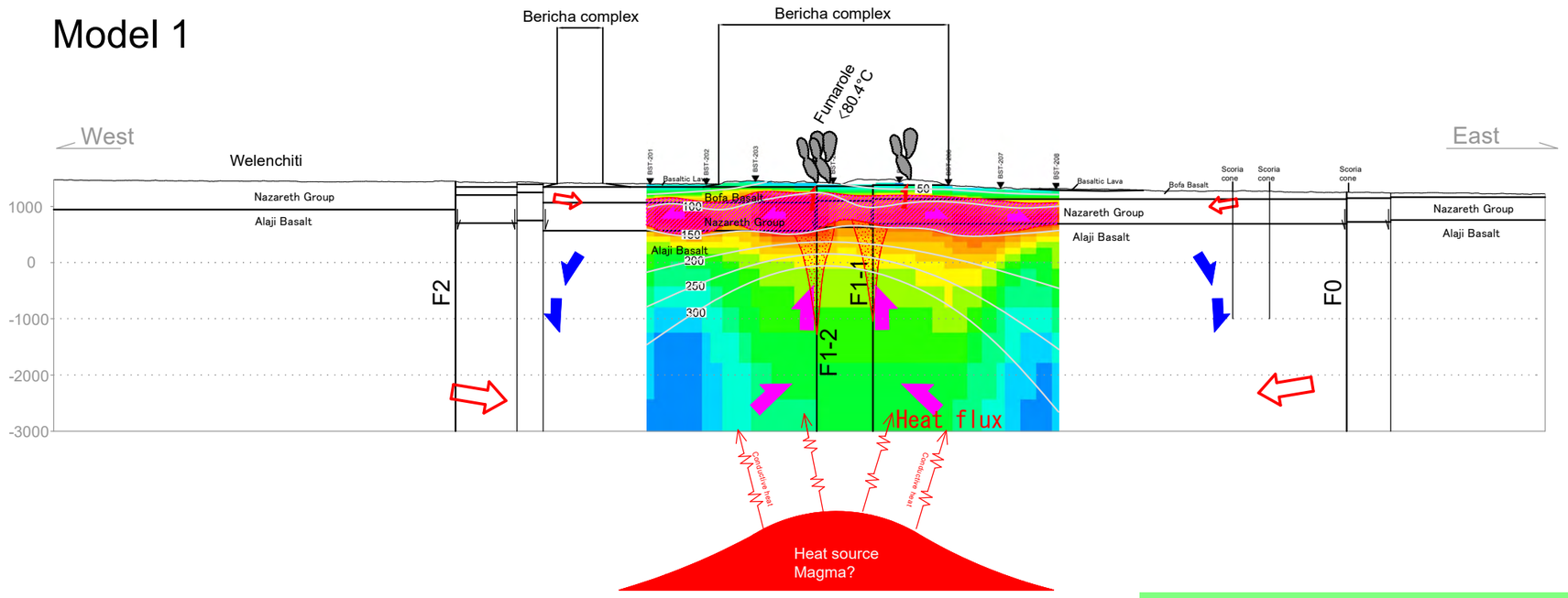

ボセッティ　重力探査傾向面残差図
Legend
Fracture
Normal fault
Open fissure
Lineament
Minor faracture
Manifestation (Temp)
Volcano
Circular landform
Stream
Wet land
Shallow well
Railway
Main road
Survey line
Bouger Anomaly (mGal)
mGal
16
12
8
4
0
-4
-8
Gravity Survey
Residual map
Scale: 100,000
F2断層
F1断層帯
F0断層
F1断層
H1
H2
H3
L1
Tebo river
BH-8
BH-7
BH-6
BH-19
BH-24
BH-23
BH-25
BH-26
BH-27
BH-21
BH-22
BH-1
BH-2
BH-10
BH-6
BH-3
Welenchiti
Mt.Gudda
BST500
BST200
42.5
36.8
43.4
43.8
35.6
80.4
86.5
80.8
53
82.8
0
2.5
5 km
540000
545000
550000
555000
560000
565000
570000
970000
965000
960000
955000
950000

解 析 結 果 概 要 表

<table>
<tr><th colspan="2">調査種別</th><th>調査結果</th><th colspan="2">地熱モデルへの解釈・考察（課題）</th></tr>
<tr><td rowspan="4">地表
地質
踏査</td><td>地質</td><td>ボセッティは、エチオピア地溝帯のほぼ中央部に位置し、Alaji 玄武岩を基盤とし、その上に火山灰層や凝灰岩を主とする Nazareth group および割れ目噴火による Bofa 玄武岩が被覆している。Bofa 玄武岩上位には、玄武岩溶岩や Bericha 山を構成する流紋岩、粗面岩、黒曜岩溶岩流が分布している。また北北東―南南西走向の断層沿いには、新しい時代の玄武岩の噴出やスコリアなどの火山砕屑物が認められる。</td><td colspan="2">・ 地下に分布する Nazareth group の火山砕屑物層は、温泉水を含む帯水層を構成している。
・ 砕屑物層中に熱水変質作用による変質鉱物（スメクタイト）の粘土化帯が形成され、キャップロックとして機能している可能性がある。</td></tr>
<tr><td>変質帯
分布</td><td>調査地域西部の Nazareth group 分布域や Bericha complex 内にシリカ変質帯が限定的に認められる。</td><td colspan="2">・ 変質鉱物は、地熱流体が断層帯を流動していた痕跡を示している。</td></tr>
<tr><td>断裂系</td><td>ボセッティはエチオピア地溝帯の中央部に位置する。主要な断層帯は、いずれも北北東－南南西方向の走向を持つ正断層である。主要な断層は、東側からスコリア丘等が配列する F0 断層、玄武岩溶岩等を変位させる F1 断層帯、北部に東傾斜の大規模な断層崖を有する F2 断層に大別できる。このうち、F0 および F1 断層は西傾斜、F2 断層は東傾斜である。F1 断層上には、噴気が分布しており、また Bericha 山山頂も F1 断層の延長上に位置する。</td><td colspan="2">・ 北北東－南南西走向の主要な断層および付随する断裂は、地下深部まで発達し、地熱流体の貯留層および流動経路として機能している。</td></tr>
<tr><td>地熱
徴候</td><td>F1 断層帯に沿って地熱徴候である噴気が直線状に分布している。噴気の最高温度は、Bericha 山の山頂付近で 86.5°C である。噴気は、Bericha 山の北麓の F1-2 断層沿いに多く分布しており、この地域の最高温度は 80.5°C で、Bericha 山に近づくにつれ、温度が高くなる傾向が認められる。</td><td colspan="2">・ 地熱徴候が断層の分布と密接に関係することから，地下では断層を中心として断裂系 (破砕帯)が発達し，そこが地熱流体の貯留層もしくは流動経路として機能している。
・ 貯留層から上昇する地熱流体は、Bericha 山内部に存在するマグマ溜りの熱源に加熱され、蒸気が断層や Bericha 山体内の断裂を伝わって地表に達し，噴気として確認される。</td></tr>
<tr><td colspan="2">涵養域</td><td>ボセッティは、大局的には北西および南東をエチオピア地溝帯の断層に囲まれており、南西側の Lake district からの地下水の涵養が想定される。また緩い斜面が分布する調査地域の北西方やアワッシュ川の流下する南方からも地下水の涵養があると考えられる。</td><td colspan="2">・ ボセッティの北西部を除くエリアにおける河川やその伏流水が地下深部に浸透し、地熱流体を涵養している。</td></tr>
<tr><td colspan="2">MT/TEM
探査
（既存調査）</td><td>地表付近深度 0～200m の浅部に高比抵抗帯 (16~250 Ωm)、その下位に低比抵抗帯 (16 Ωm 以下)が約 500m の層厚で分布している。更にその深部にでは高比抵抗帯 （50~500Ωm）が存在する。浅部の高比抵抗から低比抵抗へは急激に変化する一方、標高 500m 付近の低比抵抗対から高比抵抗帯の境界は緩やか遷移する。地表付近の高比抵抗帯は、地表で確認できる緻密な玄武岩溶岩に対比すると考えられる。その下位の低比抵抗帯は、Nazareth group の上面に相当し、塩濃度の比較的高い (EC: 700~2000 μS/cm)地下水・温泉水を反映している。深部の高比抵抗帯は、Nazareth group 下位の基盤岩の玄武岩に対比される。また平面的には、低比抵抗帯が F1 断層と同じ方向の北北東－南南西に伸長している様子が確認される。</td><td colspan="2">・ 浅部の低比抵抗帯は、温泉帯水層を示す。低比抵抗帯の層厚は、ほぼ調査範囲にわたり一様である。熱水変質により形成されたシリカ鉱物やゼオライトなどの粘土化帯が形成されている可能性が考えられる。
・ 北東―南西方向に伸長する低比抵抗帯のチャンネル構造の西側側部急変部は、地表で確認できる F1 断層帯に対比される。
・ 低比抵抗帯下位の高比抵抗体は、基盤岩の玄武岩に対比される。</td></tr>
<tr><td colspan="2">重力探査</td><td>大局的には東部に高重力、西部に低重力異常が分布する。調査地域の中央部から西側にかけて、北北東－南南西方向の重力急変部が多数分布する。中央部の F1 断層帯に沿って北北西－南南東方向に伸長する重力異常のコントラストが認められ、断層帯内は周りより高重力となっている。</td><td colspan="2">・ 頭部の高重力異常は地下の貫入岩の分布、西部の低重力異常は沖積層の堆積域を示していると考えられる。
・ F1 断層帯に沿った重力異常のコントラストから断層の連続性と幅を持った断層帯であることが分かる。断層帯内の高重力は、断裂系に沿った貫入岩の存在を示している可能性がある。</td></tr>
<tr><td colspan="2">微小地震探査</td><td>S-P 時間 2 秒以下の地震がもっとも多く観測された。次に S-P 時間 2~4 秒以下の地震が多く観測されている。</td><td colspan="2">・ 噴気近傍に設置した観測点から、10~15km 以内に地震が多発発生しているものと考えられる。これは、F1 断層帯を流動する地熱流体に起因するもの、あるいは F1 断層帯の断層運動に起因するものと考えられる。</td></tr>
<tr><td colspan="2">地化学分析
(既存調査)</td><td>Welenchiti の水井戸から採取した温泉水は、アルカリ性で HCO_3 に富む。噴気ガスは大気成分を高く含むため、解析には適用不可であった。</td><td colspan="2">・ ボセッティを含むエチオピア地溝帯周辺では、地表水(河川・湖水)から温泉水、坑井熱水までが共通して HCO_3 に富んでいる。日本などの沈み込み帯の地熱系とは異なり、エチオピア地溝帯の地熱系では、HCO_3 型の流体が貯留層熱水になり得ると考えられる。
・ 噴気ガスの熱源のマントル成分ガスは、噴気ガス中の大気成分を高く含むため、明瞭ではない。</td></tr>
<tr><td colspan="2">試錐調査</td><td>ボセッティ周辺の水井戸には、30~52 °C 程度の温泉水が検出される。ボセッティ山塊に近い井戸ほど、高温の温泉が検出される傾向がある。地下水および温泉水の帯水層は、空隙の多い Nazareth group 内にあり、温泉水の電気伝導度は 700~2000 μS/cm と比較的高い値を示す。また温泉水の pH は 7~8 の中性である。
AW BH-6 における電気探査の結果、地表浅部の深度 150~200m までは 1,000~3,000 Ωm の玄武岩、深度 150~200 m 以深は、10~100 Ωm の地下水を帯水する Nazareth group が確認されている。</td><td colspan="2">・ 温泉水の温度分布から、温泉水は、Bericha 山体内のマグマ溜りの熱源としており、熱源からの伝導熱により加熱されていると考えられる。
・ 岩相分布や塩濃度の高い温泉水帯水層が比抵抗構造を反映している。</td></tr>
<tr><td colspan="2">貯留構造
キャップロック</td><td>MT/TEM 探査により明らかにされた比抵抗構造の解釈から、2 通りの貯留構造が想定される。
一つは、浅部の低比抵抗帯が水井戸で検出された塩濃度の高い (700~2000 μS/cm)温泉水を含む帯水層として解釈するケースであり、地熱貯留層は開口性の断裂である F1 断層帯沿って賦存していると考えられる。
もう一つは、低比抵抗帯が熱水変質によるスメクタイトなどの変質鉱物で構成されていると解釈するケースである。F1 断層帯およびキャップロックとして機能する変質鉱物による粘土化帯下位に地熱貯留層が形成されていると考えられる。</td><td>熱源</td><td>Bericha 山を含むボセッティ山塊には第四紀の溶岩流が認められ、最近の活発な火山活動が認められる。熱源は、この Bericha 山内部の安山岩～デイサイト質のマグマ溜りであると考えられる。</td></tr>
<tr><td colspan="2">透水性・断裂</td><td>地熱流体の流動経路は F1 断層帯などの正断層に沿う開口性の断裂である。また、Nazareth group の火山砕屑物層は、透水性が高く、堆積構造に沿うように水平方向にも地熱流体が流動すると考えられる。</td><td>地熱流体</td><td>地熱流体は、南西の湖沼地域、ならびに北西および南東の緩やかな斜面上方から涵養された地下水位がボセッティ山塊内部の熱源により加熱され、上昇することで地熱系を形成していると考えられる。</td></tr>
</table>

ボセッティ　地熱概念モデル

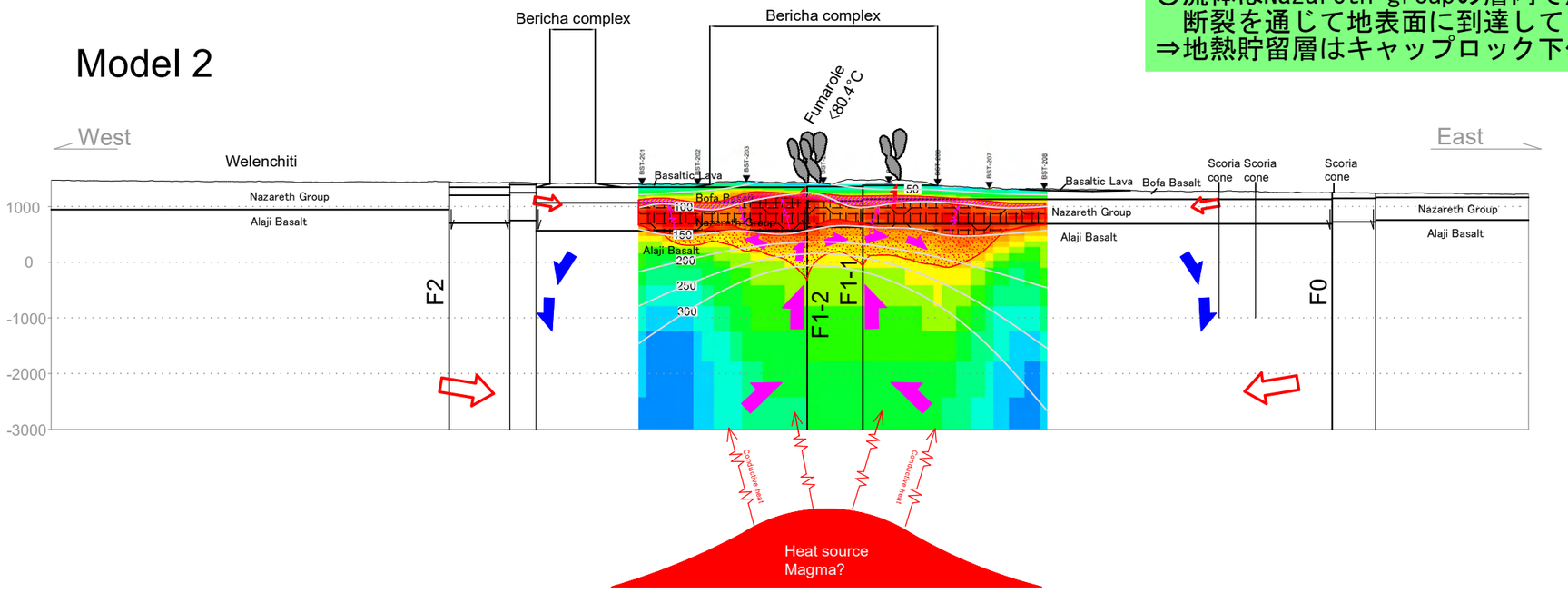
Model 1

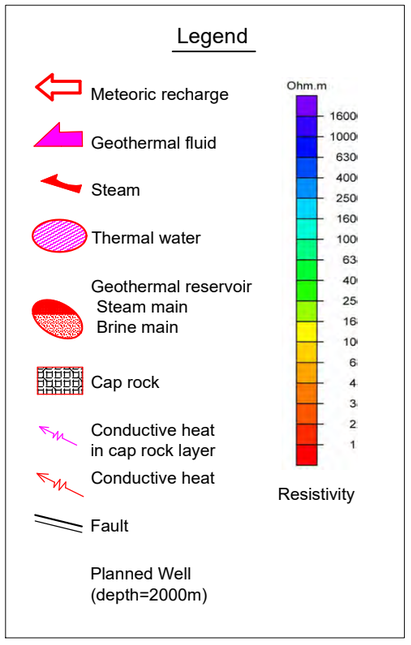


Model 1
＜低比抵抗帯＝温泉帯水層＞
○地下からの地熱流体の上昇（Heat flux）により浅層の温泉帯水層が熱され、蒸気が生成し、地表面に噴出している。
⇒地熱貯留層は断層沿いに限定して胚胎されると推定される。

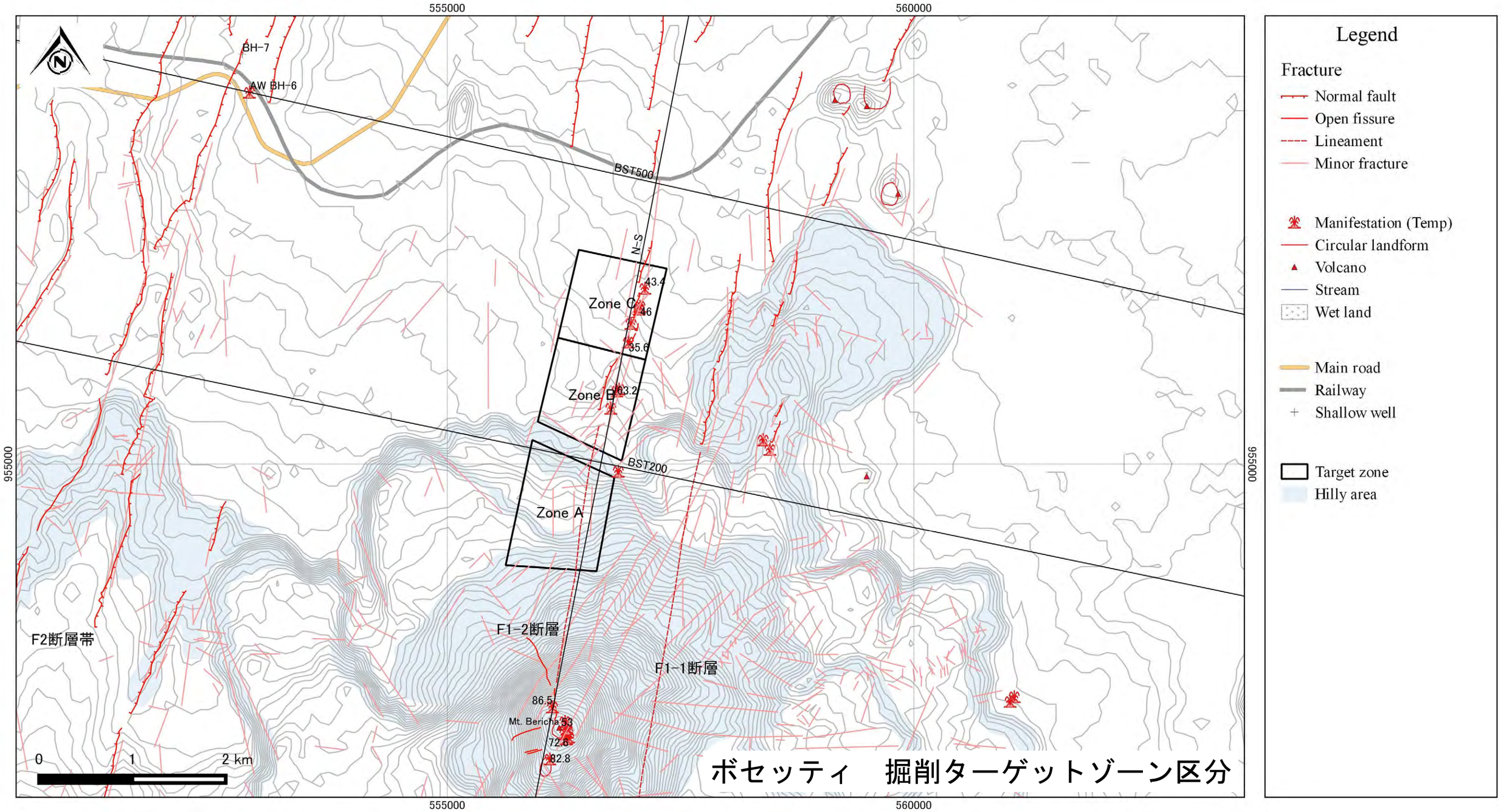
Model 2
＜低比抵抗帯＝温泉+粘土変質帯（スメクタイト帯）＞
○スメクタイト帯で構成されるキャップロックが発達しており、その下位にボセッティ山塊下部の熱源で熱せられた地熱流体が賦存している。
○流体はNazareth groupの層内で減圧し、蒸気を生成、断裂を通じて地表面に到達している。
⇒地熱貯留層はキャップロック下位に広範に賦存している。

Model 2





Geothermal Conceptual Model across BST500 survey line



Zone	場所	ターゲット選定根拠	評価項目			総合評価
			熱	流体	断裂	
A	Bericha 山北側の緩傾斜斜面 F1-2 断層延長上のリニアメント西方 アクセスには斜面を登坂する新規道路の建設が必要	F1-2 断層に沿って上昇し、Bericha 山頂付近および北麓の噴気帯に豊富な蒸気を供給する地熱貯留層をターゲットとする。	◎: Bericha 山山頂の噴気 (86.5°C) Bericha 山近傍ほど地熱徴候（噴気・温泉）の温度が高い傾向がある。	◎: Bericha 山山頂周辺の割れ目に多量の噴気が認められ、噴気孔も平面的に広がっているため、地熱流体は山体の中心ほど豊富であると推測する。	△: F1-2 断層（黒曜岩溶岩に伏在する）	◎
B	Bericha 山北麓斜面脚部。F1-2 断層の西方。 アクセスには大型車両の通行可能な 道路の拡幅・新設が必要。	F1-2 断層に沿って上昇し、Bericha 山北麓の噴気帯に蒸気を供給する地熱貯留層をターゲットとする。	○: 北側山麓の噴気帯 (80.4°C)	○: Bericha 山北麓の小丘沿いに噴気が認められるが、噴気孔の分布は限定的である。	○: F1-2 断層	○
C	F1-2 断層に沿った Zone B 北方。 既存道路近傍だが、道路の拡幅が必要。 周辺に住居が点在しており配慮する必要がある。	Zone B から連続する F1-2 断層に沿って上昇し、Bericha 山北麓の噴気帯に蒸気を供給する地熱貯留層をターゲットとする。	△: 噴気帯 (46.0°C)	△: 噴気の噴出量・強度ともに Zone B より劣る。	○: F1-2 断層	△

試掘事業

掘削計画・コスト/契約形態分析

資源量評価および経済性分析

テンダホ-2 とボセッティ、両サイトの地熱貯留層の規模を地熱概念モデルに基づき、平均断面法により求めた。地熱貯留層容積の計算結果を下表に示す。

表　テンダホ-2、ボセッティの地熱貯留層推定規模

サイト	貯留層想定規模			
	モデル 1	モデル 2 および 5	モデル 3	モデル 4
テンダホ-2	断層沿いのみ発達	Asedemu 周辺に発達	Asedemu 東方まで発達	F1-1 に上昇流
	19.47 km3	49.47 km3	100 km3	49.47 km3
ボセッティ	断層沿いのみ発達	キャップロックを厚く形成	-	-
	5.38 km3	13.82 km3	-	-

出典: 調査団

上記の計算結果を基に、モンテカルロ法を用いた容積法を使用して地熱資源量の推定を行った。容積法による計算結果を、下表に示す。テンダホ-2 では、断層沿いにのみ地熱貯留層が発達している場合には、最頻値で 97.5 MW 程度見込まれ、地熱貯留層が東方へ大規模に発達している場合は 500 MW を超える資源量が想定される。最適だと考えるモデル 2 では、242 MW の資源量となる。

ボセッティは、モデル 1 では地熱貯留層の規模が限られるため、最頻値で 25 MW 程度となり、キャップロックが発達している場合は、約 65 MW の資源量となる。

表　資源量評価結果

サイト	生起確率	マスタープラン調査 (MW)	本調査における評価結果 (MW)			
			モデル 1	モデル 2&5	モデル 3	モデル 4
テンダホ-2	80%	120	45.7	114.0	215	114.0
	最頻値	**180**	**97.5**	**242.2**	**535**	**242.2**
	20%	330	215.1	495.8	1090	495.8
ボセッティ	80%	175	11.8	30.5	-	-
	最頻値	**265**	**25.2**	**64.9**	-	-
	20%	490	56.3	144.4	-	-

出典: 調査団

資源量評価結果をもとに、両サイトの経済性を比較した。推定貯留層温度に応じて坑井一本あたりの出力を決定し、必要な生産井・還元井本数を算出して必要なプロジェクトコストを算出し、発電原価を評価した。テンダホ-2 の発電原価は、USD 0.0561 /kWh と、ボセッティの UDS 0.0724 /kWh よりも経済性に優れている。

表　発電原価計算結果

項目	単位	テンダホ-2	ボセッティ
貯留層温度	℃	240-290	210-260
計画設備容量	MW	240	25
設備利用率	%	90	90
電力出力	GWh/year	1,892.2	197.1
建設費	mil $	913.9	122.9
建中利子	mil $	137.1	18.4
プロジェクトコスト	mil $	1,051.0	141.4
維持管理費を含む年換算コスト	mil $/year	106.09	14.27
発電原価	**$/kWh**	**0.0561**	**0.0724**

出典: 調査団

多基準解析

上述した経済性に加え、社会性、環境性、施工性、電力需要の観点から、総合的に両サイトの優先度を比較した。テンダホ-2 はサイトが土漠で占められ、居住地や耕作地の存在するボセッティとは異なり、移住や補償の問題は少ない。よって、テンダホ-2 の方が社会環境的に優れていると考えられる。施工性においても、テンダホ-2 は、平坦な地形を呈するため、アクセス道路や掘削敷地の造成がボセッティよりも容易である。電力需要では、ボセッティはアディスアベバやアダマなどの電力需要地に近い利点がある。一方で、テンダホ-2 も隣国ジブチに近く、発電した電力を国内電力価格 (3~4 ¢/kWh)よりも高い価格 (7 ¢/kWh)で売電することが可能である。

総合的な評価では、経済性をはじめ、社会性、施工性においてテンダホ-2 が有利であり、今後 JICA が地熱開発を推進する試掘サイトとして、テンダホ-2 を選定することを提案する。

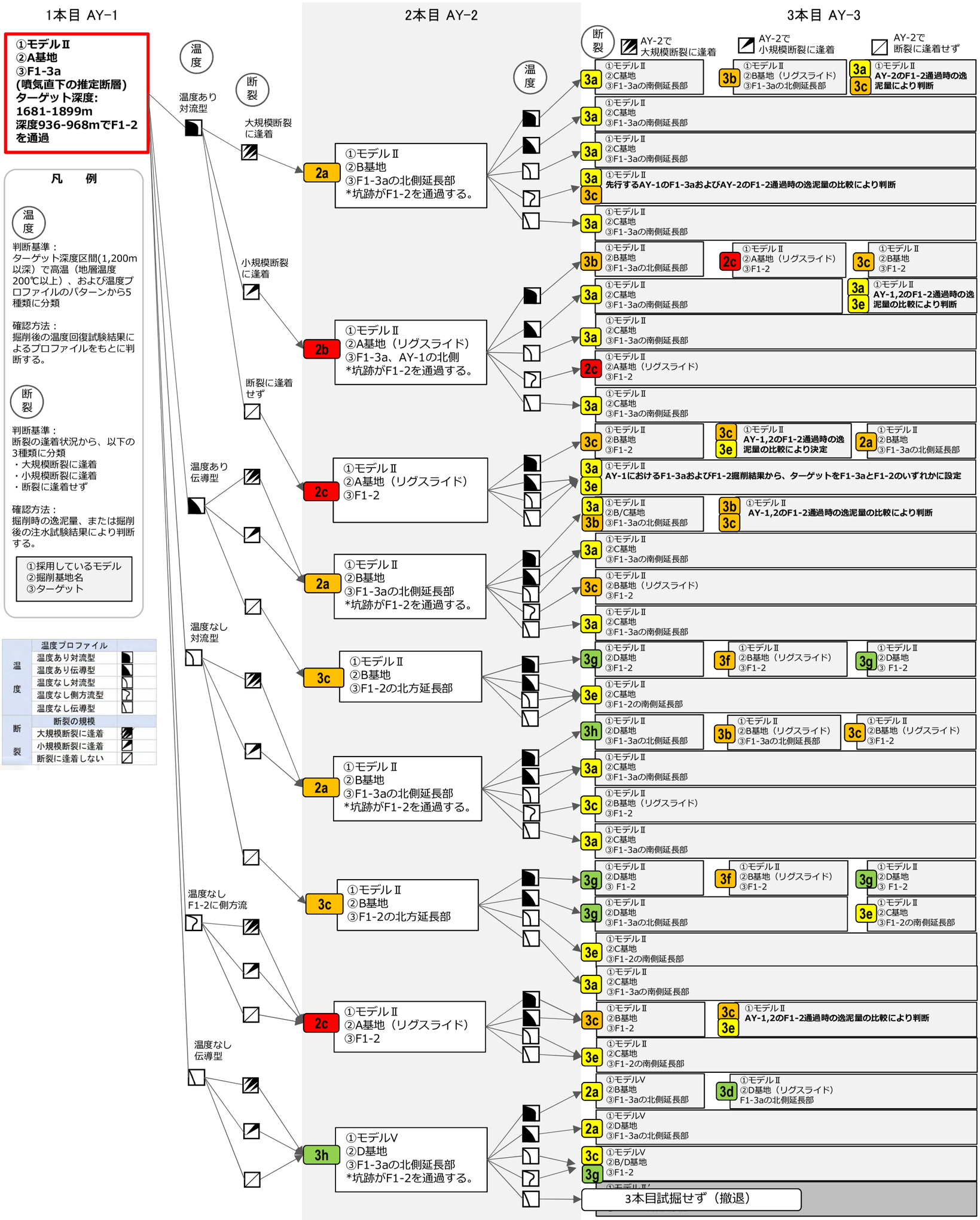
表　多基準解析結果

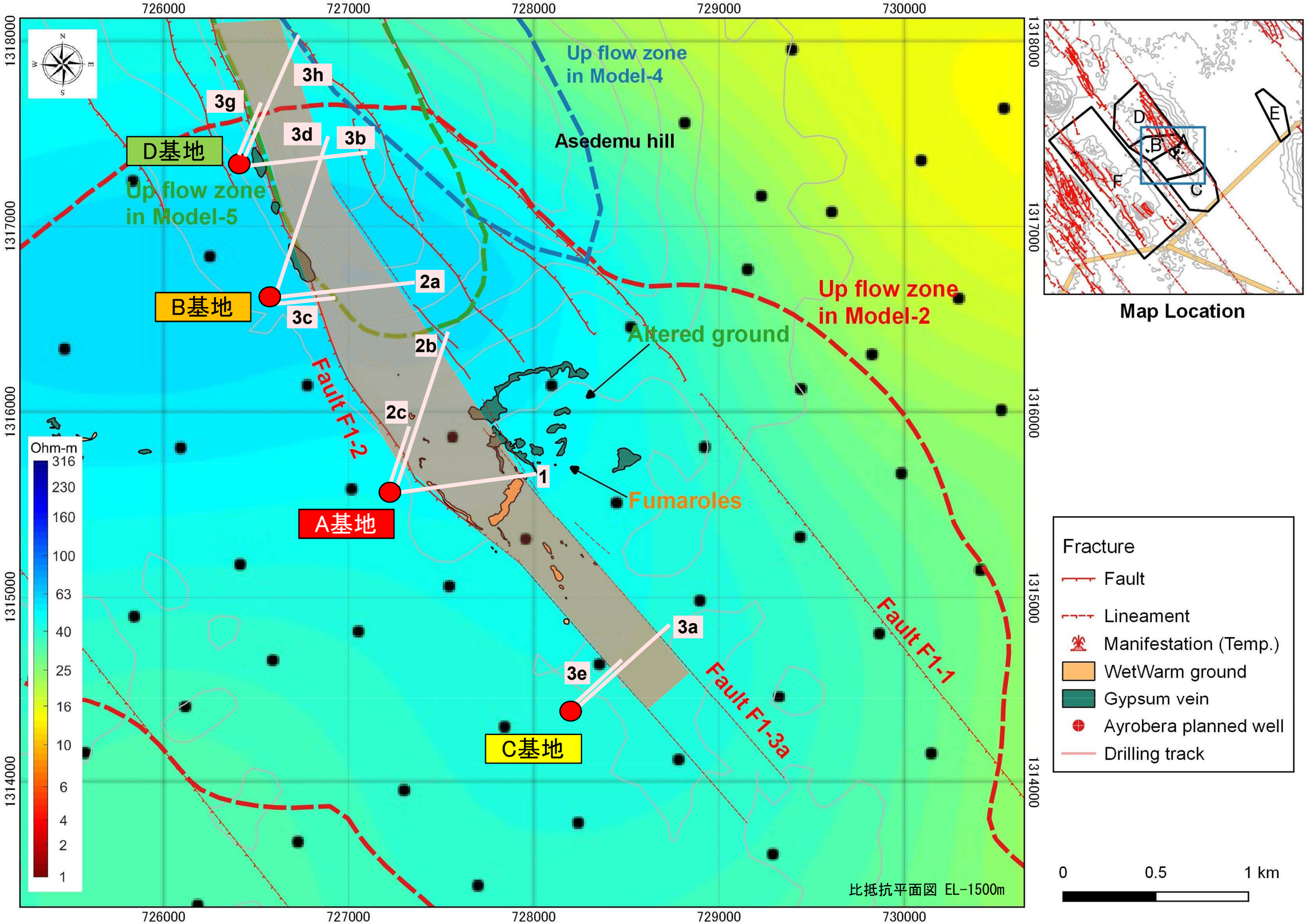
項目		テンダホ-2	ボセッティ
設備容量		モデル 2: 240 MW	モデル 1: 25MW
推定貯留層温度		240-290 °C	210-260 °C
発電原価		USD 0.0561/kWh	USD 0.0724/kWh
施工性	アクセス	国道からのアクセス 6.8km は平坦で道路建設は容易	土地収用、土工実施し、道路約 4km を新設する必要があり
	掘削給水	灌漑水路からの給水施設 11km を新設する必要あり	地下水井戸を確保し、掘削用水をくみ上げる必要あり
環境性		特に危惧すべき動植物は存在しない。	特に危惧すべき動植物は存在しない。
社会性		掘削・発電所建設による住民の移転等はない。	住居・田畑が分布しており、住民移転・土地収用を要する。
電力需要		ジブチへの売電が可能	アディスアベバやアダマ等の需要地に近い
総合評価		+++	++

出典: 調査団

試掘井選定のためのディシジョンツリー

試掘井を計画するに当たっては、掘削の成功率を向上するため、先行して掘削される試掘井の結果（地下温度、上昇流・側方流の有無、優位な断裂の有無）により、掘削位置、坑跡、掘削ターゲットを修正する方針とする。そのため、とりうる選択肢や起こりうるシナリオすべてを樹形図の形で洗い出し、想定されるすべてのケースを抽出したディシジョン・ツリーを作成した。
ディシジョン・ツリー検討に際し、3本の試掘井掘削を前提条件とする。

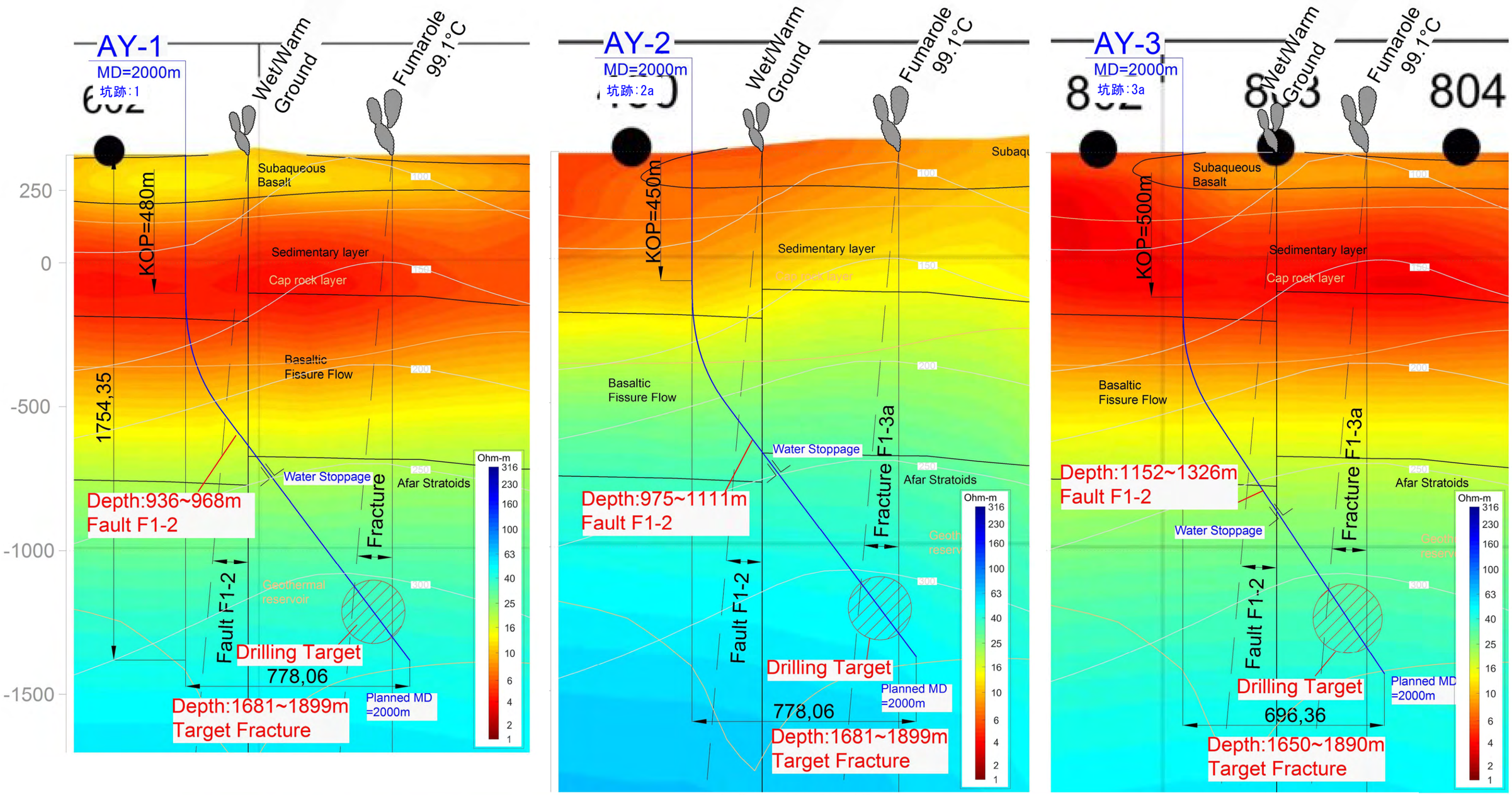




ディシジョン・ツリー内で検討した試掘井坑跡

掘削計画
坑跡断面図

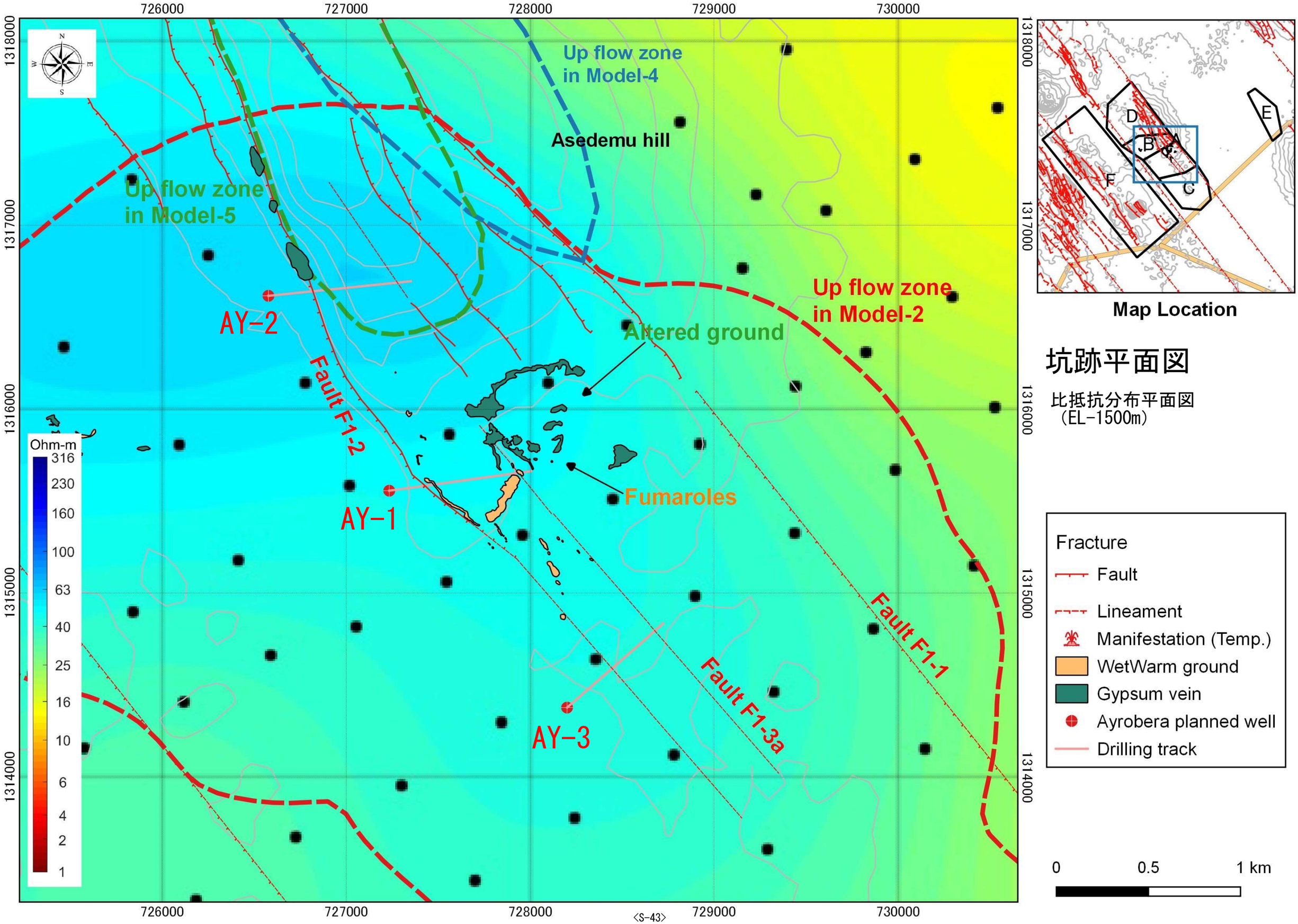
最もコスト・工程が最大・最長となるケース、ディシジョン・ツリーにおける「A、B、C基地からF1-3a断層をターゲットするケース（Case No.1）」を基に、試掘井の坑跡やケーシングプログラムなどの掘削計画を行う。試掘井は、噴気直下を通る断裂系F1-3aをターゲットとし、より高温の地熱貯留層を貫くため、可能な限り深部まで掘削する。傾斜掘削によりターゲットとする断裂にできるだけ直交して貫く計画とする。



フラクチャ（逸泥）遭遇予想深度一覧

AY-1 予想			AY-2 予想			AY-3 予想			TD-3 実績		
逸泥深度	概要	規模	逸泥深度	概要	規模	逸泥深度	概要	規模	深度	逸泥量	概要
5~165m	玄武岩溶岩中	多量	5~127m	玄武岩溶岩中	多量	5~122m	玄武岩溶岩中	多量	66m	TLC	堆積岩中
165~570m	堆積岩優勢層中	中量	127~570m	堆積岩優勢層中	中量	122~570m	堆積岩優勢層中	中量	83m	TLC	溶岩中
									142~243m	10~40 kL/h TLC at 243m	溶岩中
570m 付近	玄武岩上部	中量	570m 付近	玄武岩上部	中量	570m 付近	玄武岩上部	中量	580m	10~15 kL/h	堆積層 優勢層下面
936~1068m	F1-2 断層	多量	975~1111m	F1-2 断層	多量	1152~1326m	F1-2 断層	多量	640m	10~15 kL/h	玄武岩上部
1681~1899m	ターゲット噴気帯下位の フラクチャ	多量	1681~1899m	ターゲット F1-3a 断層延長部	多量	1650~1890m	ターゲット F1-3a 断層延長部	多量	1440~1989m	2~3 kL/h PLC at 1440m	Afar stratoid 玄武岩中

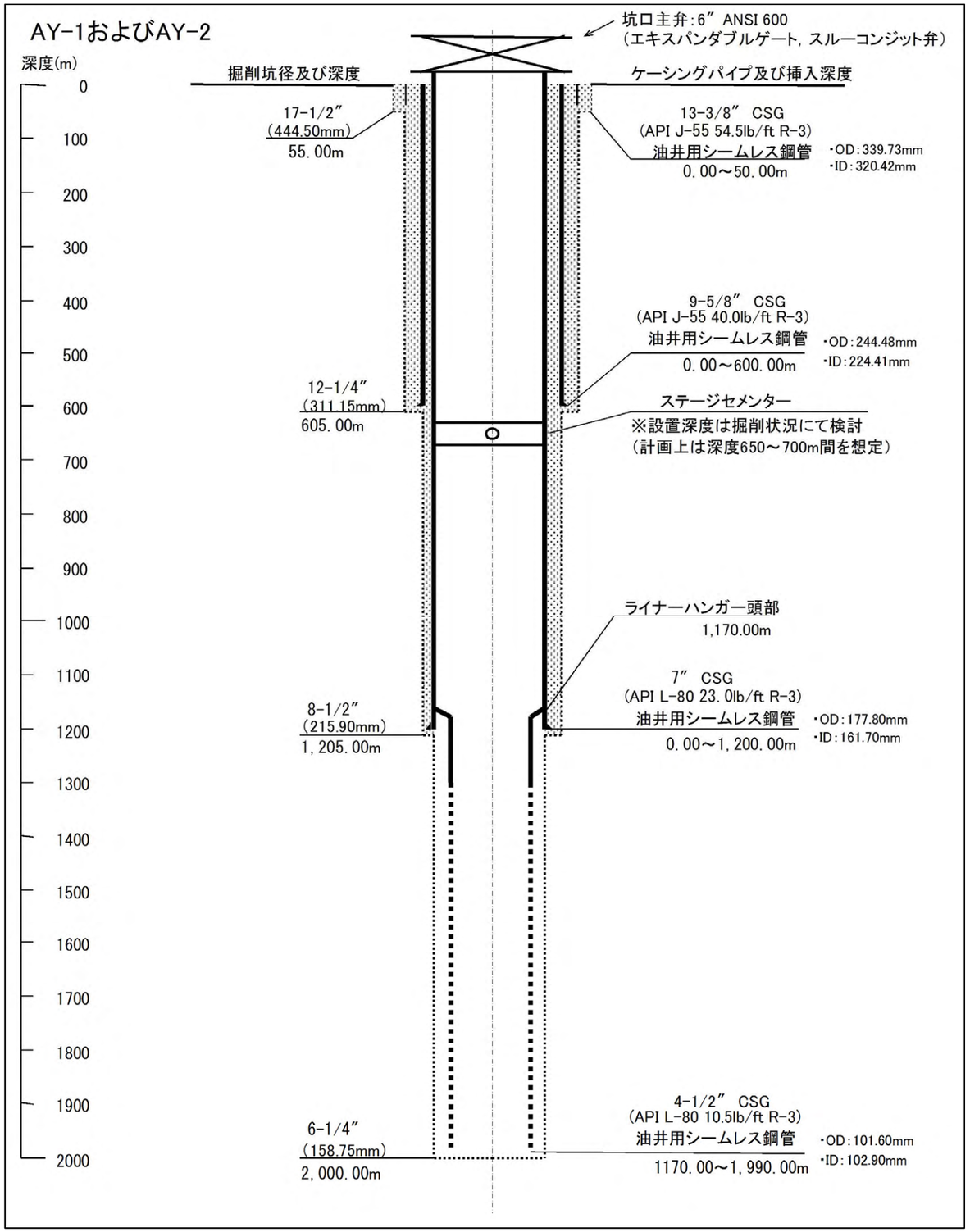
出典：調査団

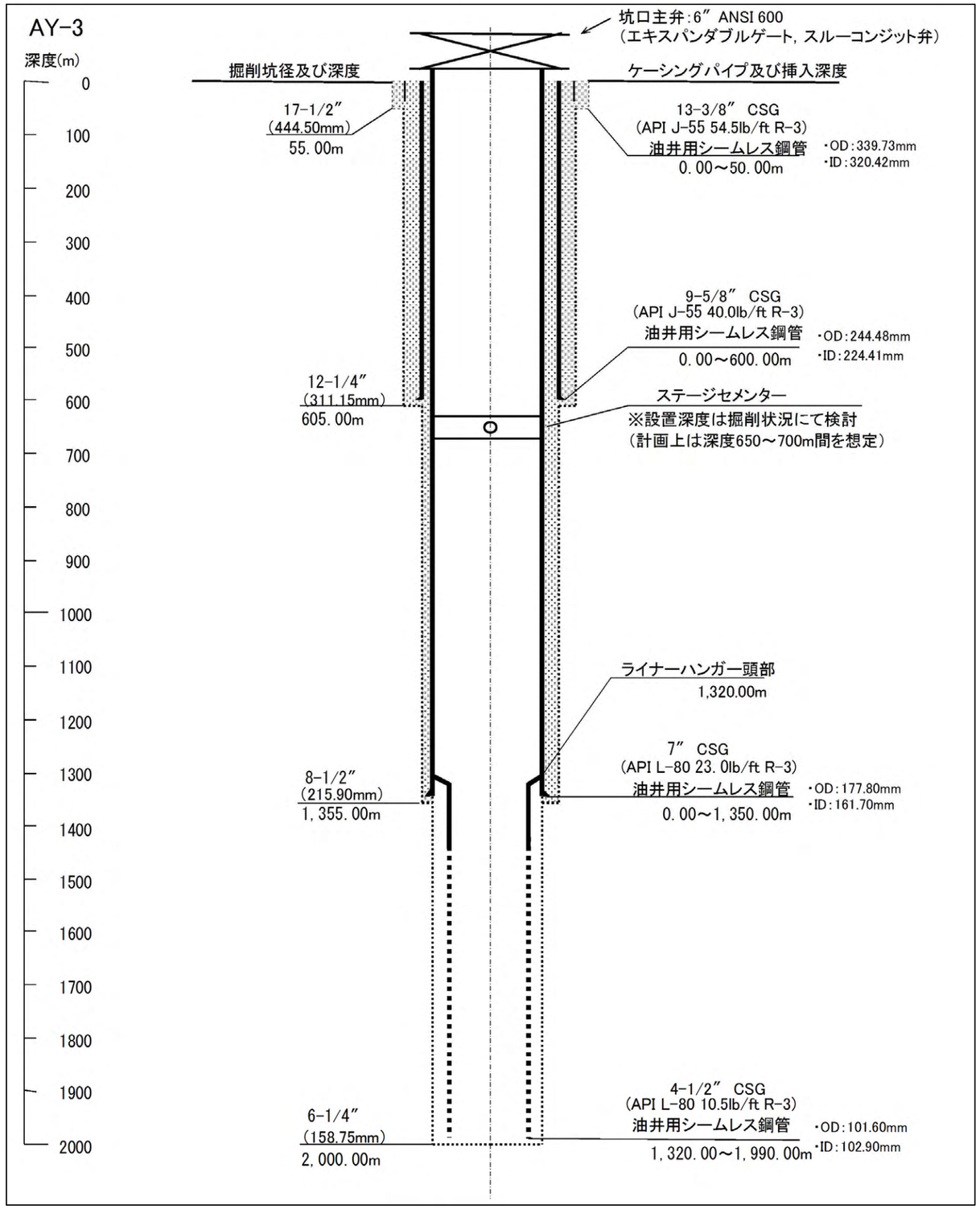


坑跡平面図

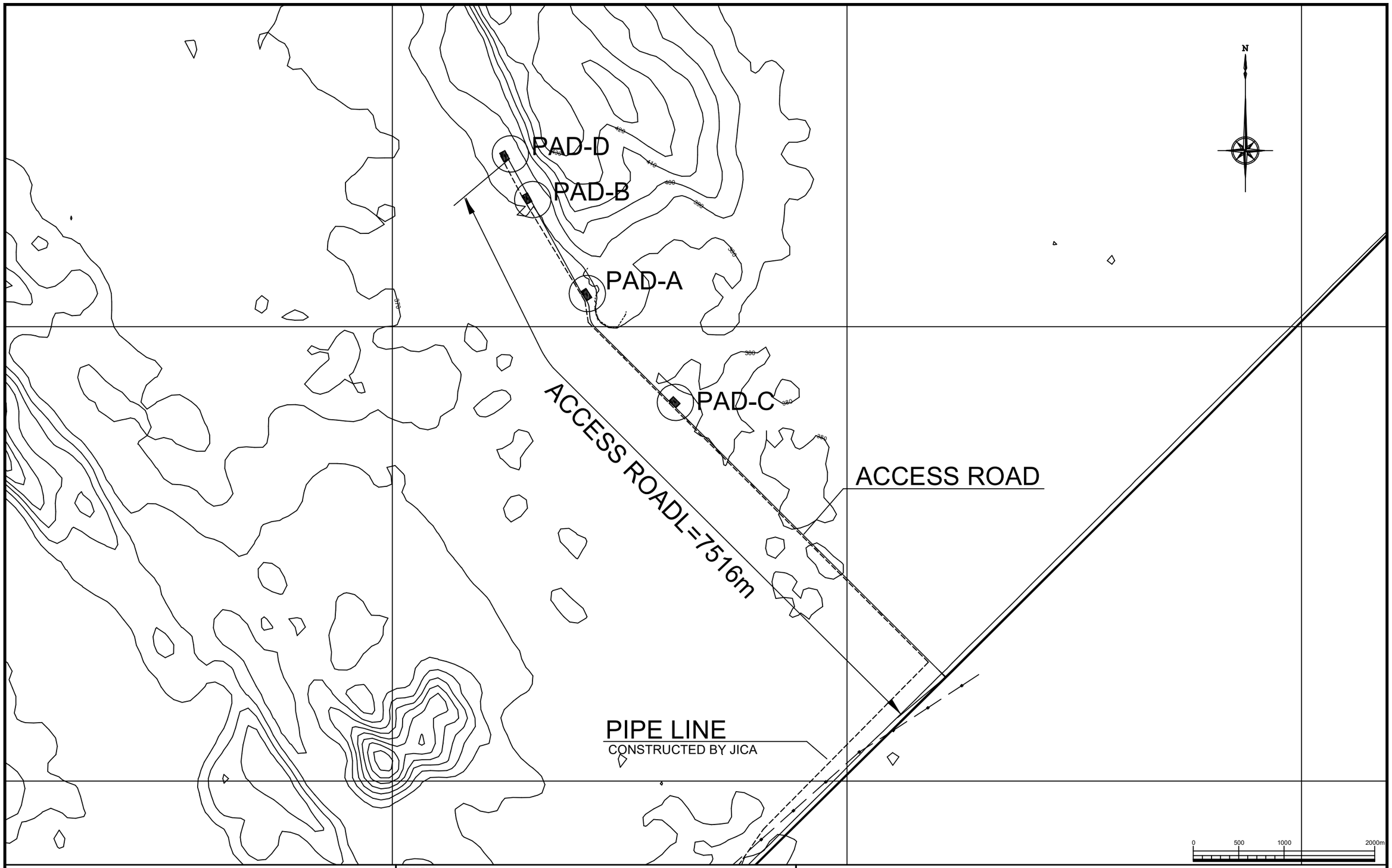
比抵抗分布平面図
(EL-1500m)

ケーシングプログラム


AY-1およびAY-2
坑口主弁:6″ ANSI 600
(エキスパンダブルゲート, スルーコンジット弁)
深度(m)
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
掘削坑径及び深度
ケーシングパイプ及び挿入深度
17-1/2″
(444.50mm)
55.00m
13-3/8″ CSG
(API J-55 54.5lb/ft R-3)
油井用シームレス鋼管
0.00～50.00m
・OD:339.73mm
・ID:320.42mm
9-5/8″ CSG
(API J-55 40.0lb/ft R-3)
油井用シームレス鋼管
0.00～600.00m
・OD:244.48mm
・ID:224.41mm
12-1/4″
(311.15mm)
605.00m
ステージセメンター
※設置深度は掘削状況にて検討
(計画上は深度650～700m間を想定)
ライナーハンガー頭部
1,170.00m
7″ CSG
(API L-80 23.0lb/ft R-3)
油井用シームレス鋼管
0.00～1,200.00m
・OD:177.80mm
・ID:161.70mm
8-1/2″
(215.90mm)
1,205.00m
4-1/2″ CSG
(API L-80 10.5lb/ft R-3)
油井用シームレス鋼管
1170.00～1,990.00m
・OD:101.60mm
・ID:102.90mm
6-1/4″
(158.75mm)
2,000.00m


AY-3
坑口主弁:6″ ANSI 600
(エキスパンダブルゲート, スルーコンジット弁)
深度(m)
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
1500
1600
1700
1800
1900
2000
掘削坑径及び深度
ケーシングパイプ及び挿入深度
17-1/2″
(444.50mm)
55.00m
13-3/8″ CSG
(API J-55 54.5lb/ft R-3)
油井用シームレス鋼管
0.00～50.00m
・OD:339.73mm
・ID:320.42mm
9-5/8″ CSG
(API J-55 40.0lb/ft R-3)
油井用シームレス鋼管
0.00～600.00m
・OD:244.48mm
・ID:224.41mm
12-1/4″
(311.15mm)
605.00m
ステージセメンター
※設置深度は掘削状況にて検討
(計画上は深度650～700m間を想定)
ライナーハンガー頭部
1,320.00m
7″ CSG
(API L-80 23.0lb/ft R-3)
油井用シームレス鋼管
0.00～1,350.00m
・OD:177.80mm
・ID:161.70mm
8-1/2″
(215.90mm)
1,355.00m
4-1/2″ CSG
(API L-80 10.5lb/ft R-3)
油井用シームレス鋼管
1,320.00～1,990.00m
・OD:101.60mm
・ID:102.90mm
6-1/4″
(158.75mm)
2,000.00m

アクセス道路



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

REMARKS:

TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

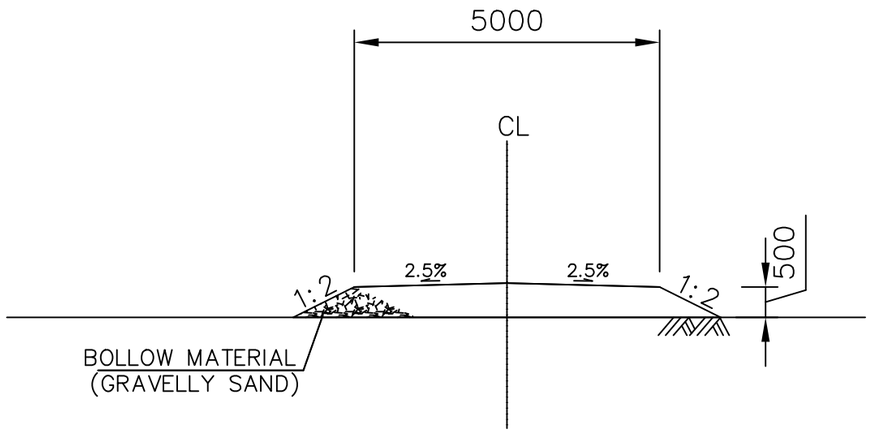
FULL VIEW OF ACCESS ROAD AND DRILLING PAD

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:40,000		AR-01	

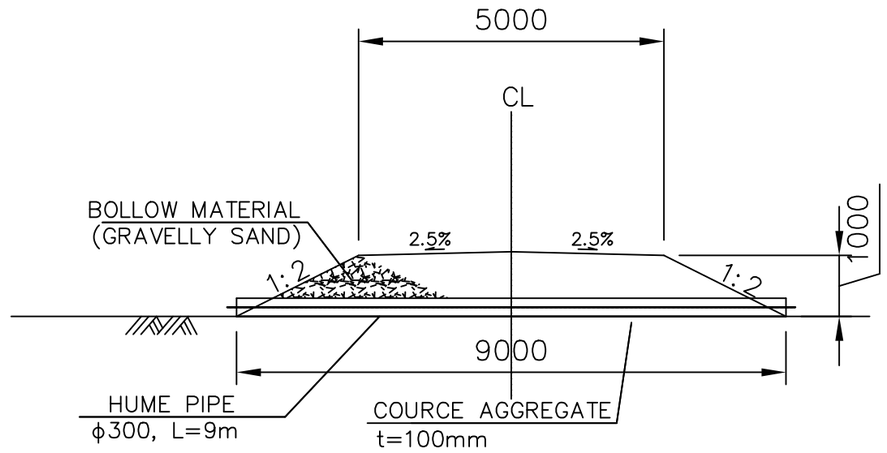
TYPICAL CROSS SECTION

(SCALE 1:100)

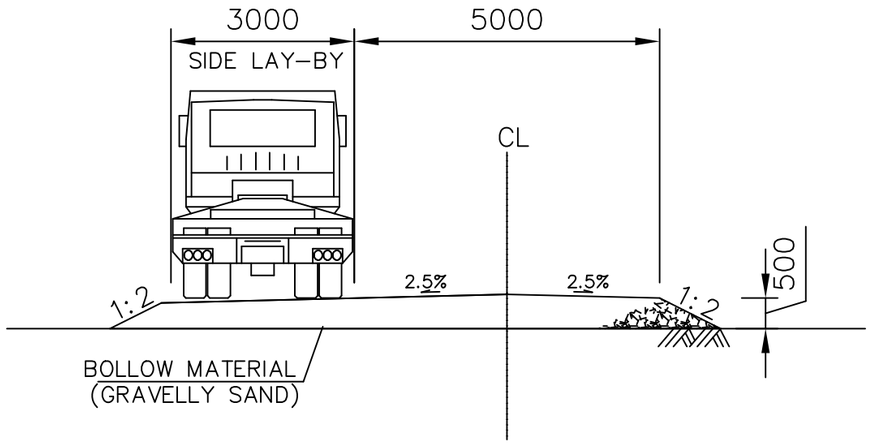
TYPICAL-1



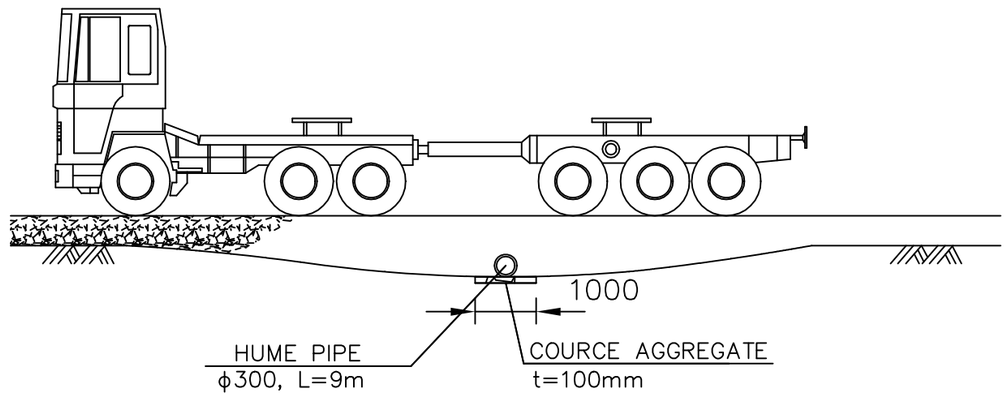
TYPICAL-3
CROSSING STREAM



TYPICAL-2

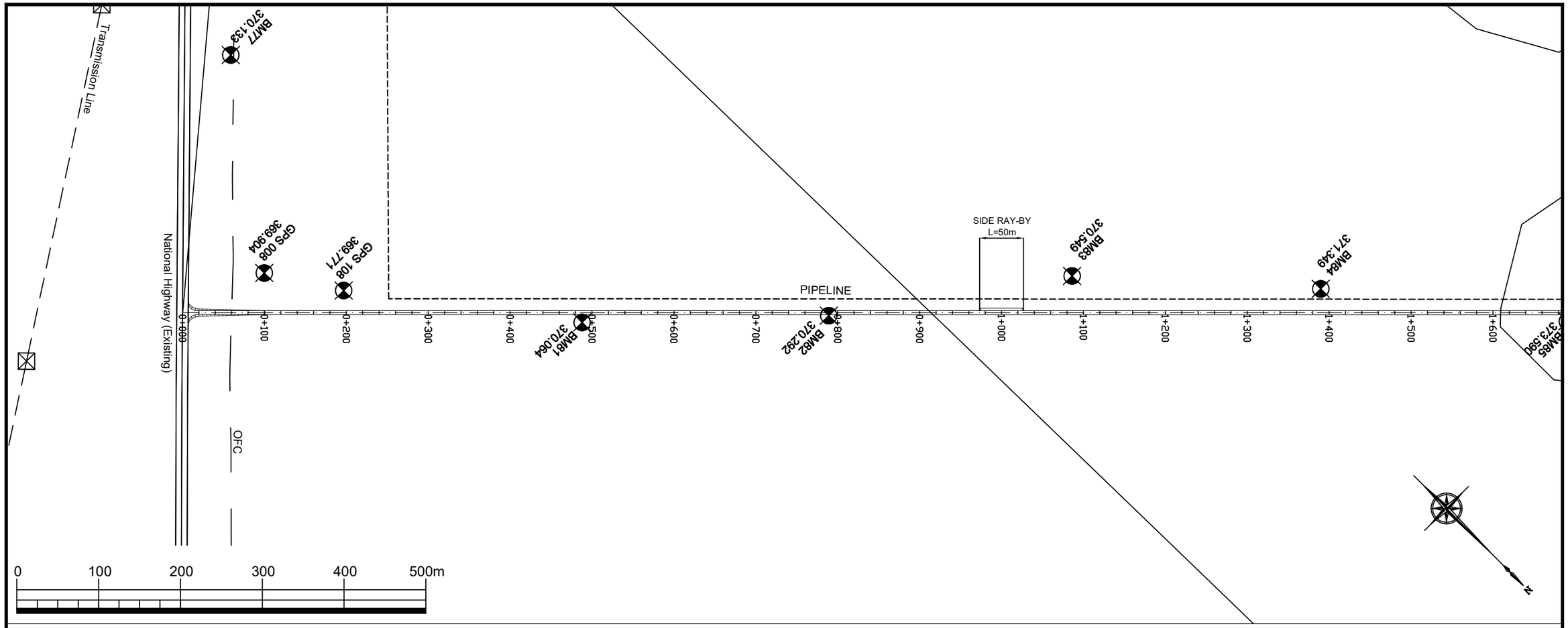


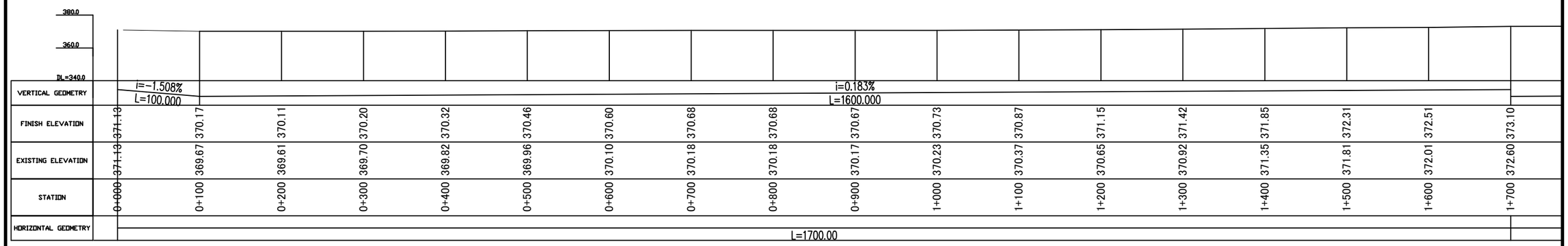
LONGITUDINAL SECTION



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	REMARKS:	TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT	
CLIENT: ETIOPIA ELECTRIC POWER		DRAWING TITLE: TYPICAL CROSS SECTION (ACCESS ROAD)	

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:100		AR-02	





JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

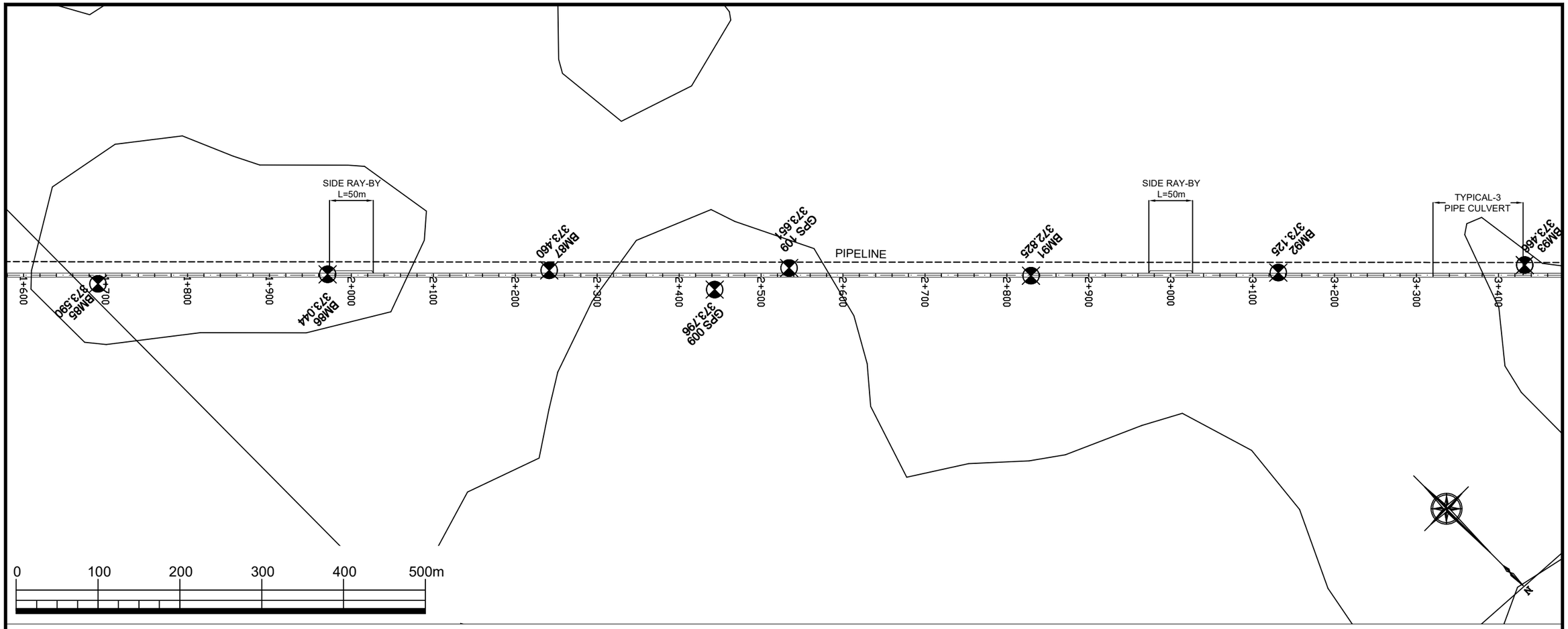
REMARKS:

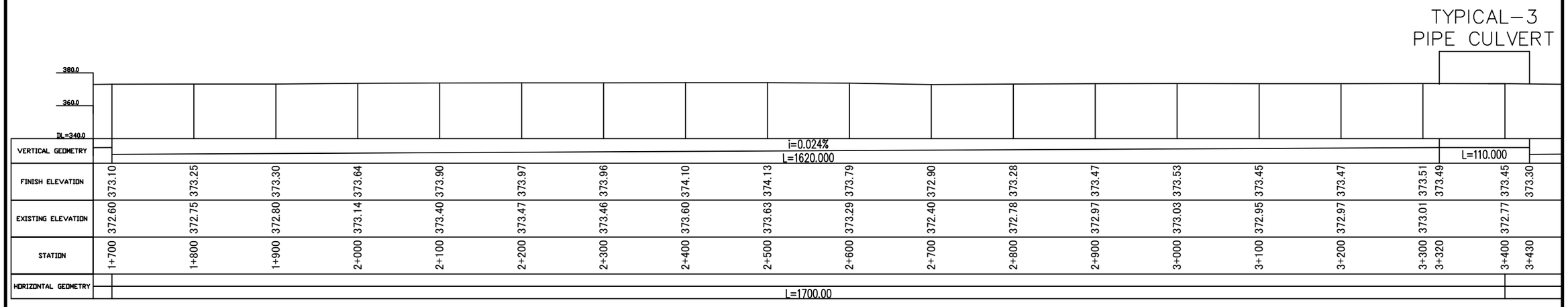
TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

PLAN AND PROFILE OF ACCESS ROAD STA.0+000-1+700

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:5000		AR-03	





JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

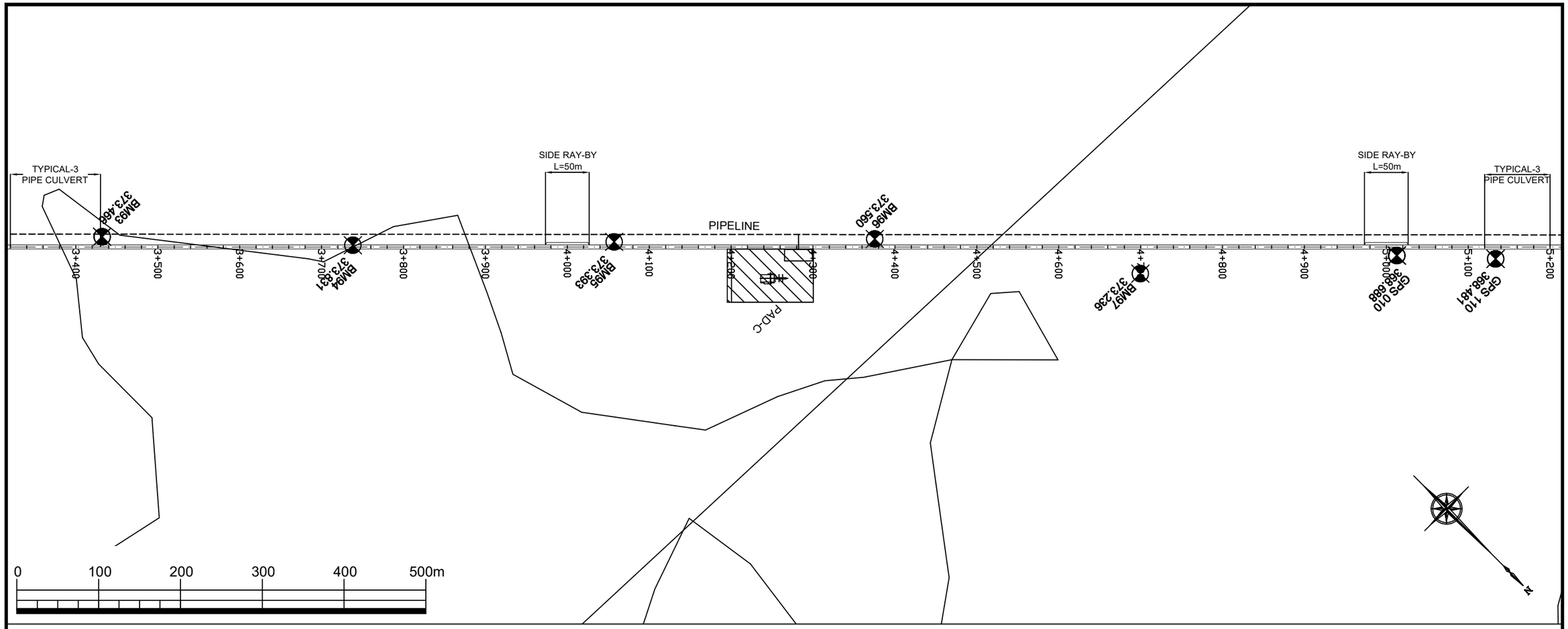
REMARKS:

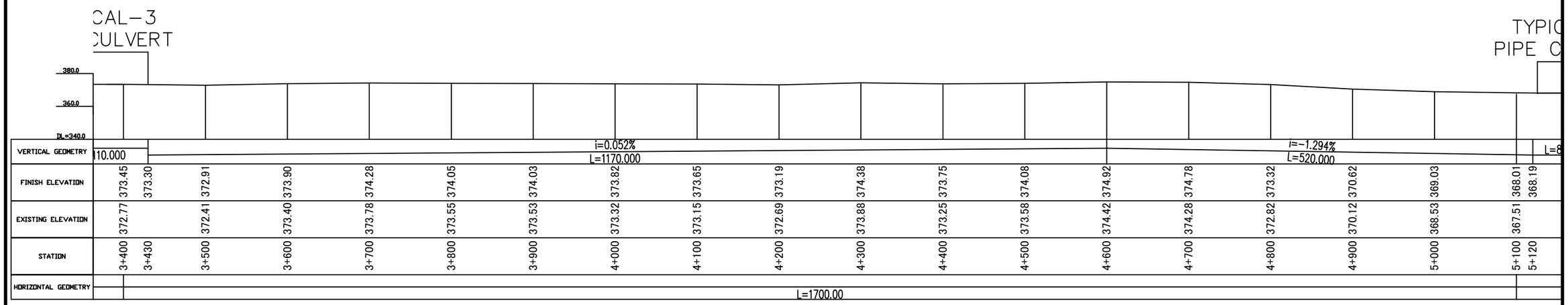
TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

PLAN AND PROFILE OF ACCESS ROAD STA.1+700-3+400

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:5000		AR-04	





JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

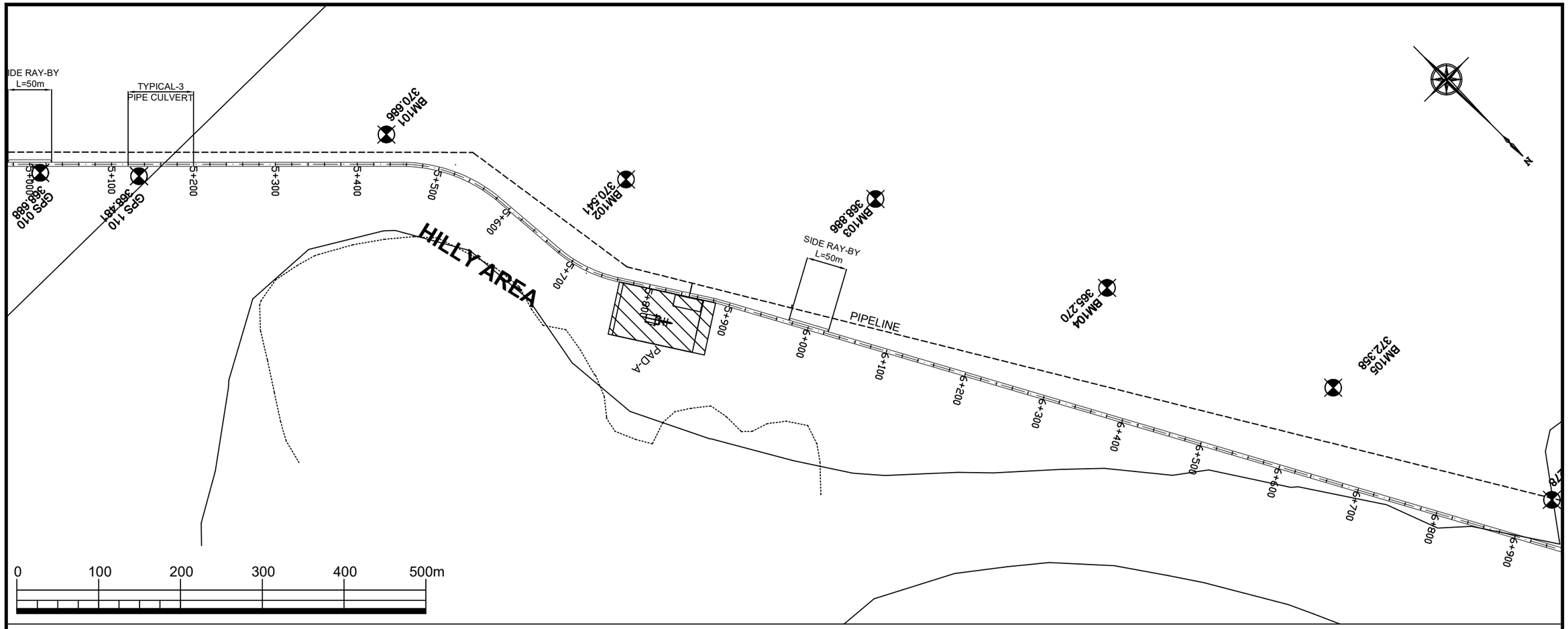
REMARKS:

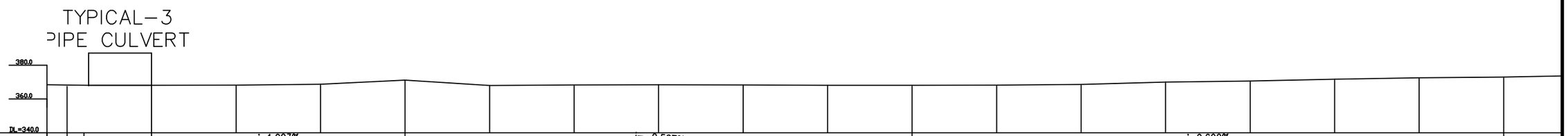
TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

PLAN AND PROFILE OF ACCESS ROAD STA.3+400-5+100

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:5000		AR-05	





VERTICAL GEOMETRY		L=80.000	i=1.023% L=300.000				i=-0.527% L=600.000						i=0.699% L=700.000						
FINISH ELEVATION	368.01	368.19	368.19	368.26	368.75	371.26	368.07	368.35	368.50	368.41	368.17	368.10	368.27	368.65	370.01	370.73	371.76	372.57	372.99
EXISTING ELEVATION	367.51		367.53	367.76	368.25	370.76	367.57	367.85	368.00	367.91	367.67	367.60	367.77	368.15	369.51	370.23	371.26	372.07	372.49
STATION	5+100	5+120	5+200	5+300	5+400	5+500	5+600	5+700	5+800	5+900	6+000	6+100	6+200	6+300	6+400	6+500	6+600	6+700	6+800
HORIZONTAL GEOMETRY		L=360.00				L=120.00 R=120.00	L=100.00	L=80.00 R=80.00	L=100.00			L=1040.00							

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

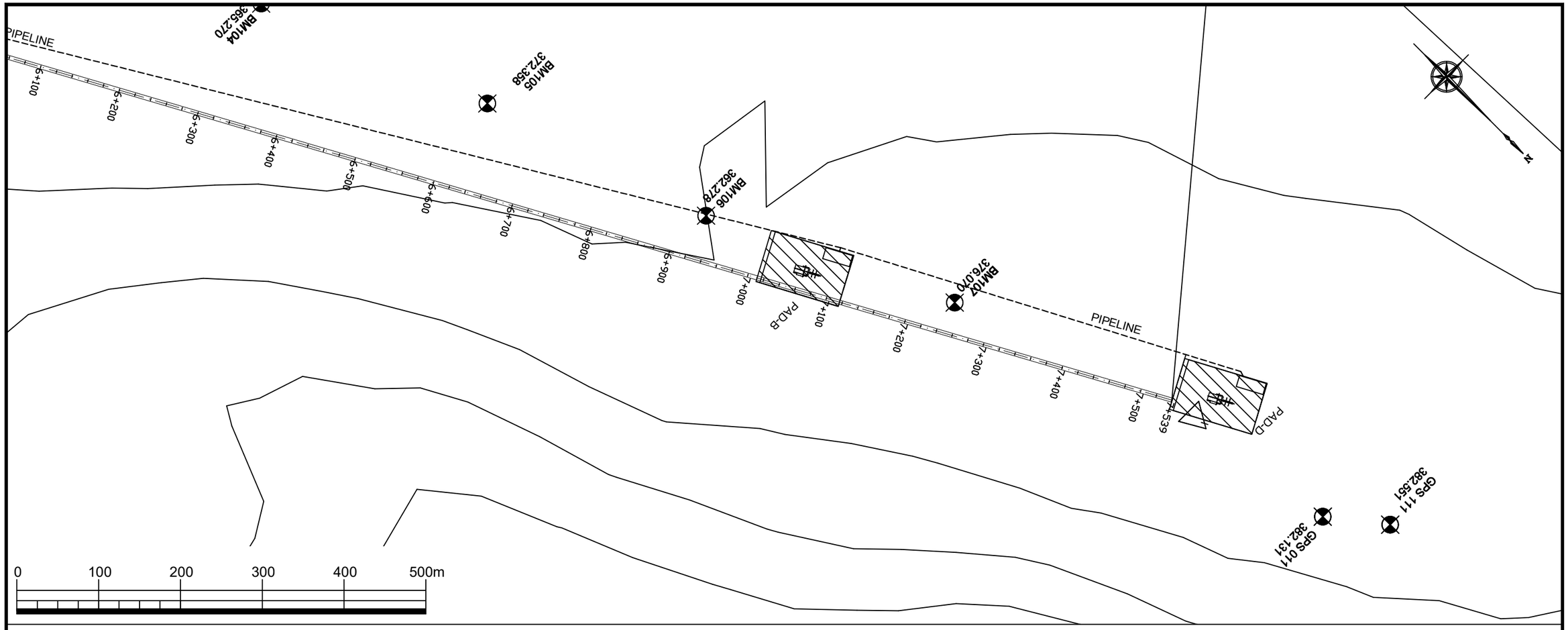
REMARKS:

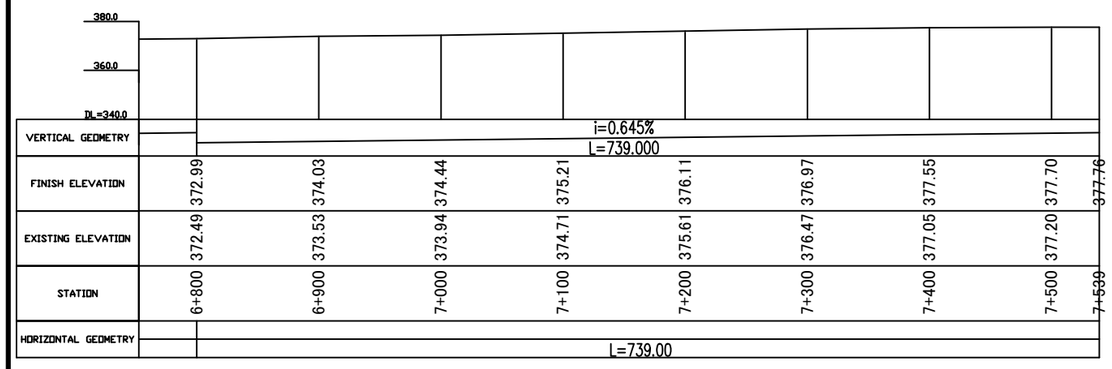
TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

PLAN AND PROFILE OF ACCESS ROAD STA.5+100-6+800

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:5000		AR-06	





JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

REMARKS:

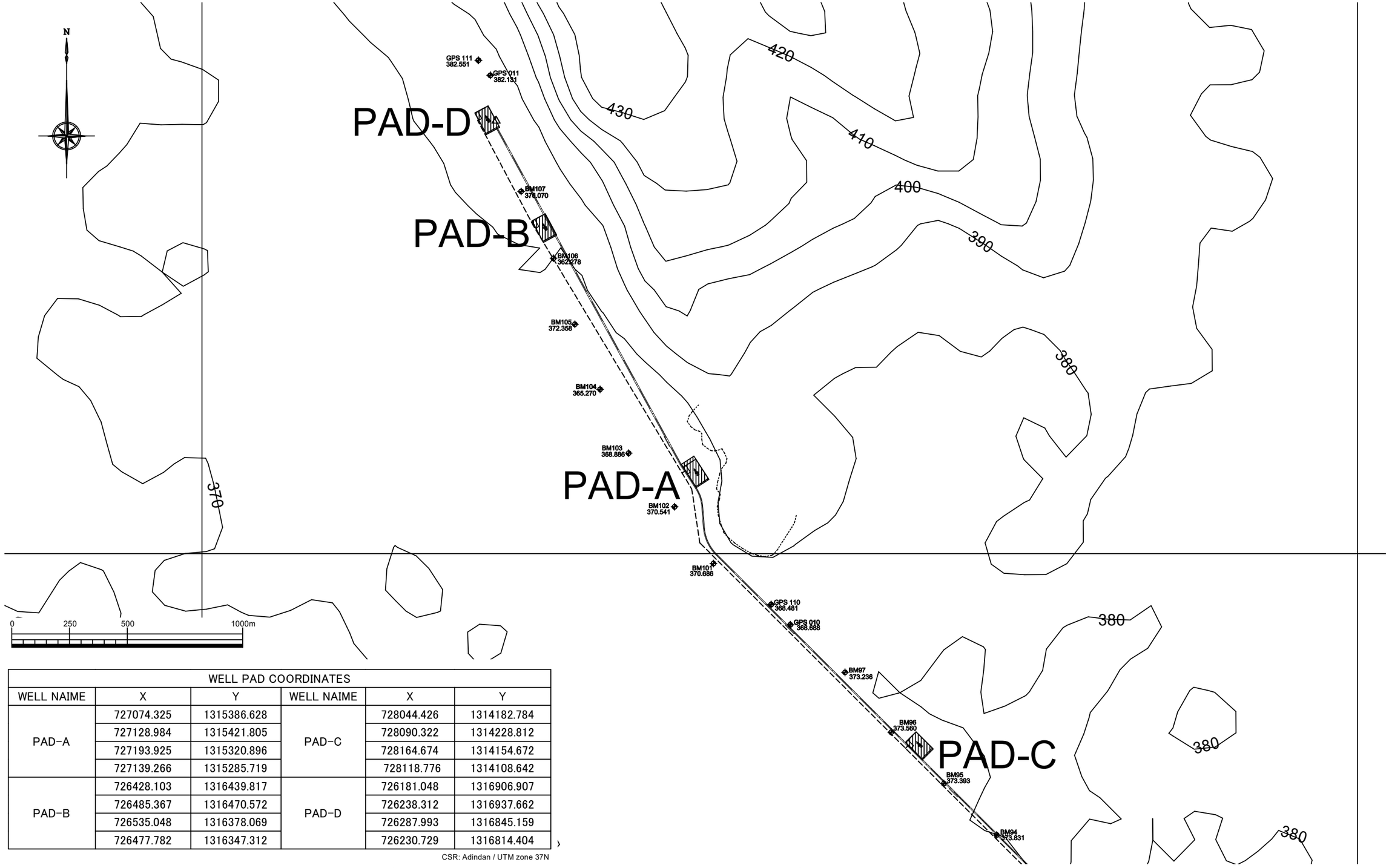
TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

PLAN AND PROFILE OF ACCESS ROAD STA.5+100-7+539

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:5000		AR-07	

掘削基地



WELL PAD COORDINATES					
WELL NAIME	X	Y	WELL NAIME	X	Y
PAD-A	727074.325	1315386.628	PAD-C	728044.426	1314182.784
	727128.984	1315421.805		728090.322	1314228.812
	727193.925	1315320.896		728164.674	1314154.672
	727139.266	1315285.719		728118.776	1314108.642
PAD-B	726428.103	1316439.817	PAD-D	726181.048	1316906.907
	726485.367	1316470.572		726238.312	1316937.662
	726535.048	1316378.069		726287.993	1316845.159
	726477.782	1316347.312		726230.729	1316814.404

CSR: Adindan / UTM zone 37N

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

REMARKS:

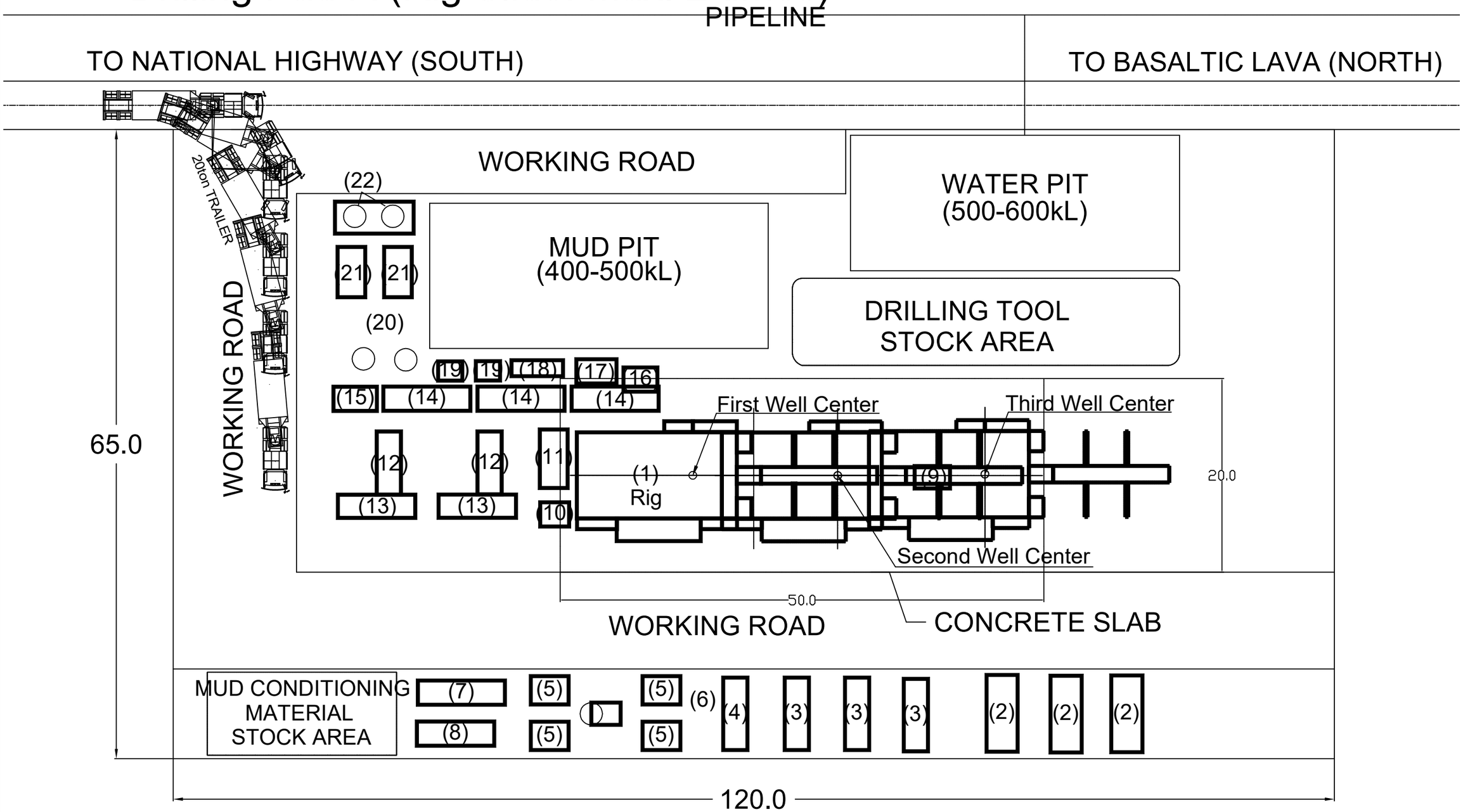
TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

LOCATION OF DRILLING PAD

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:5,000		DP-01	

Drilling Pad-A (Rig Slide: Max. 2 times)



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

REMARKS:

- LEGEND IS SHOWN IN OTHER DRAWINGS.

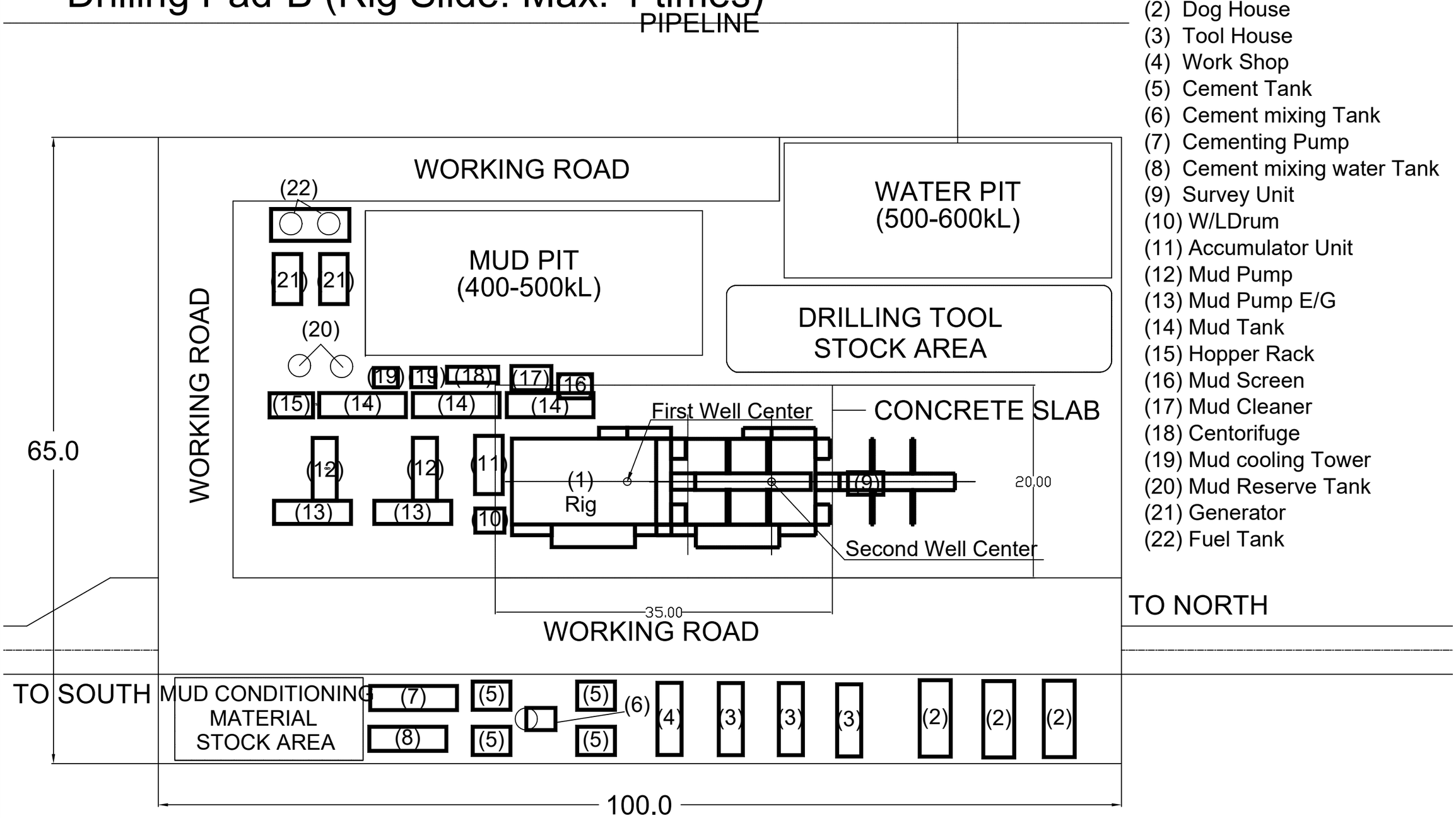
TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

ARRANGEMENT PLAN OF DRILLING PAD (PAD-A)

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
-		DP-02	

Drilling Pad-B (Rig Slide: Max. 1 times)



<Legend>
(1) Rig
(2) Dog House
(3) Tool House
(4) Work Shop
(5) Cement Tank
(6) Cement mixing Tank
(7) Cementing Pump
(8) Cement mixing water Tank
(9) Survey Unit
(10) W/LDrum
(11) Accumulator Unit
(12) Mud Pump
(13) Mud Pump E/G
(14) Mud Tank
(15) Hopper Rack
(16) Mud Screen
(17) Mud Cleaner
(18) Centorifuge
(19) Mud cooling Tower
(20) Mud Reserve Tank
(21) Generator
(22) Fuel Tank

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:
ETIOPIA ELECTRIC POWER

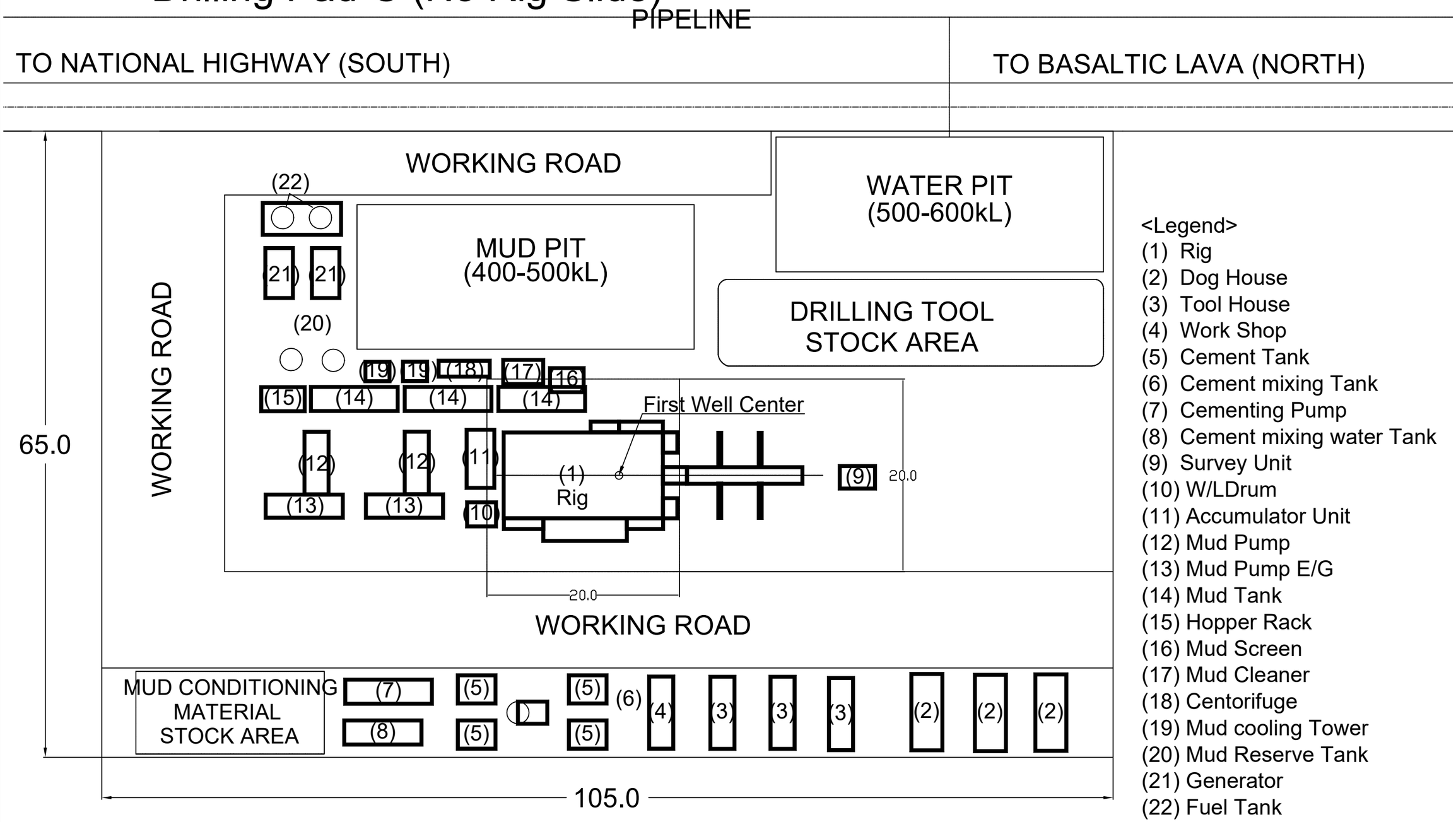
REMARKS:

TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:
ARRANGEMENT PLAN OF DRILLING PAD (PAD-B)

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
-		DP-03	

Drilling Pad-C (No Rig Slide)



<Legend>
(1) Rig
(2) Dog House
(3) Tool House
(4) Work Shop
(5) Cement Tank
(6) Cement mixing Tank
(7) Cementing Pump
(8) Cement mixing water Tank
(9) Survey Unit
(10) W/LDrum
(11) Accumulator Unit
(12) Mud Pump
(13) Mud Pump E/G
(14) Mud Tank
(15) Hopper Rack
(16) Mud Screen
(17) Mud Cleaner
(18) Centorifuge
(19) Mud cooling Tower
(20) Mud Reserve Tank
(21) Generator
(22) Fuel Tank

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:
ETIOPIA ELECTRIC POWER

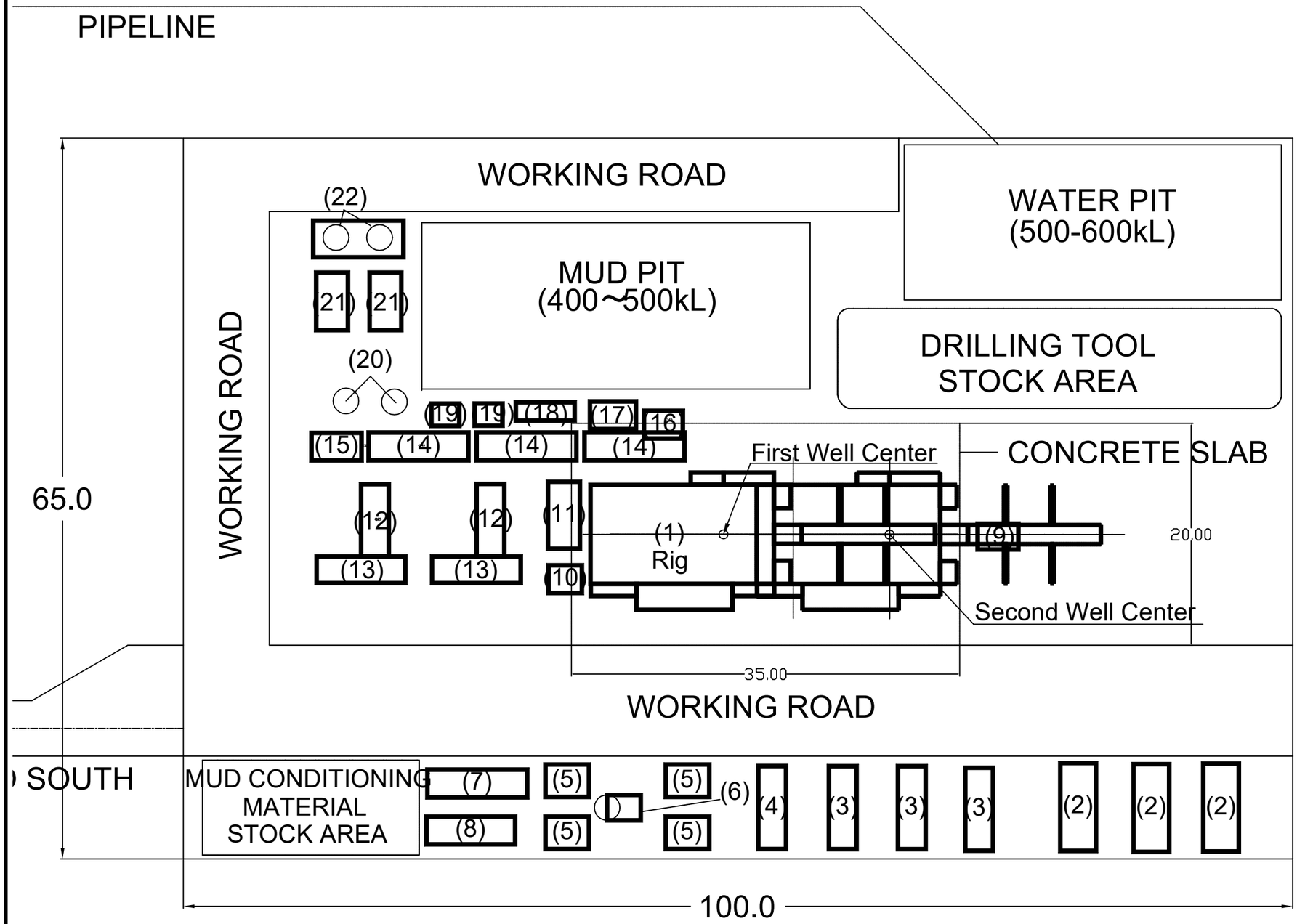
REMARKS:

TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:
ARRANGEMENT PLAN OF DRILLING PAD (PAD-C)

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
-		DP-04	

Drilling Pad-D (Rig Slide: Max. 1 times)



<Legend>
(1) Rig
(2) Dog House
(3) Tool House
(4) Work Shop
(5) Cement Tank
(6) Cement mixing Tank
(7) Cementing Pump
(8) Cement mixing water Tank
(9) Survey Unit
(10) W/LDrum
(11) Accumulator Unit
(12) Mud Pump
(13) Mud Pump E/G
(14) Mud Tank
(15) Hopper Rack
(16) Mud Screen
(17) Mud Cleaner
(18) Centorifuge
(19) Mud cooling Tower
(20) Mud Reserve Tank
(21) Generator
(22) Fuel Tank

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:
ETIOPIA ELECTRIC POWER

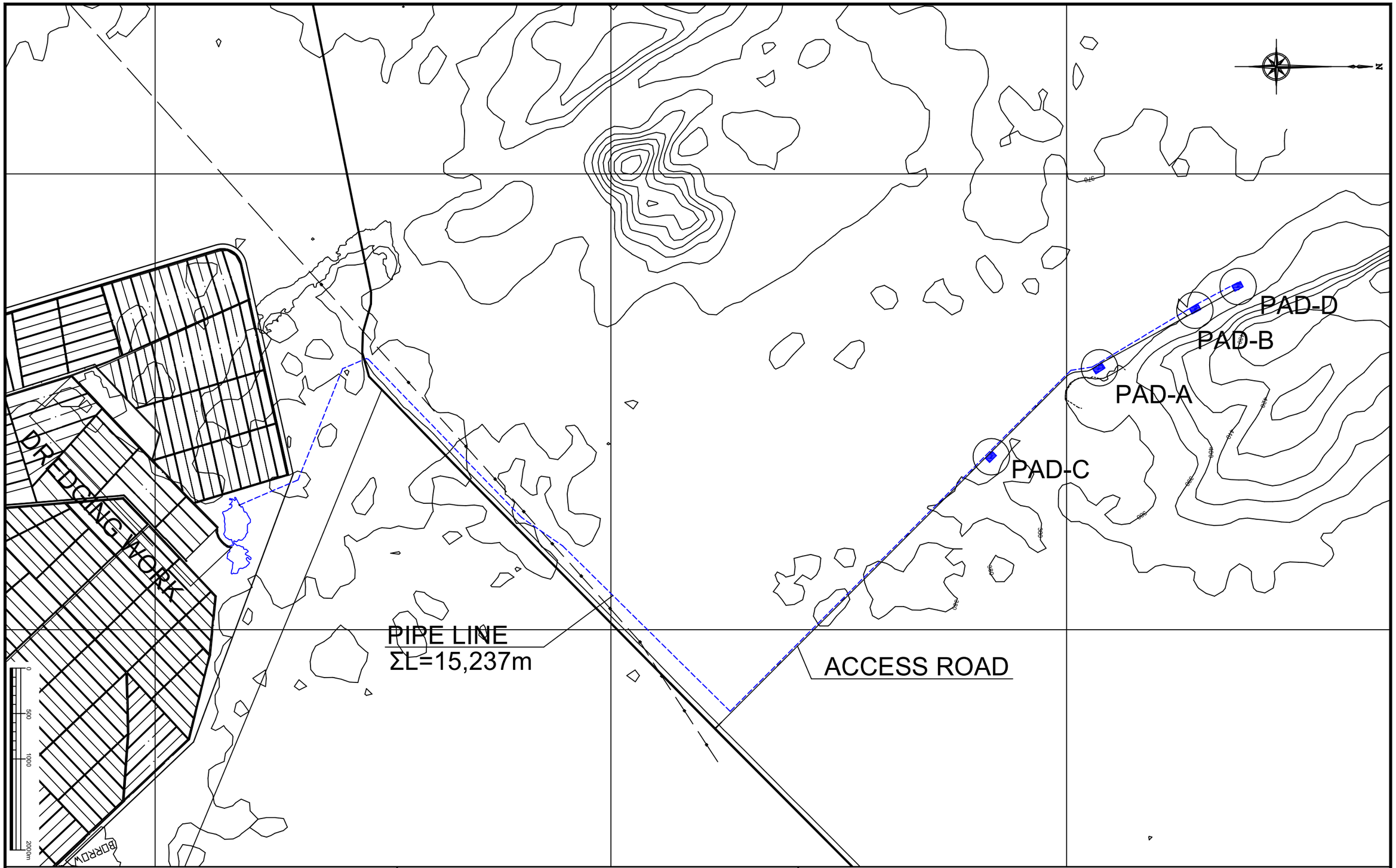
REMARKS:

TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:
ARRANGEMENT PLAN OF DRILLING PAD (PAD-D)

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
-		DP-05	

給水施設



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

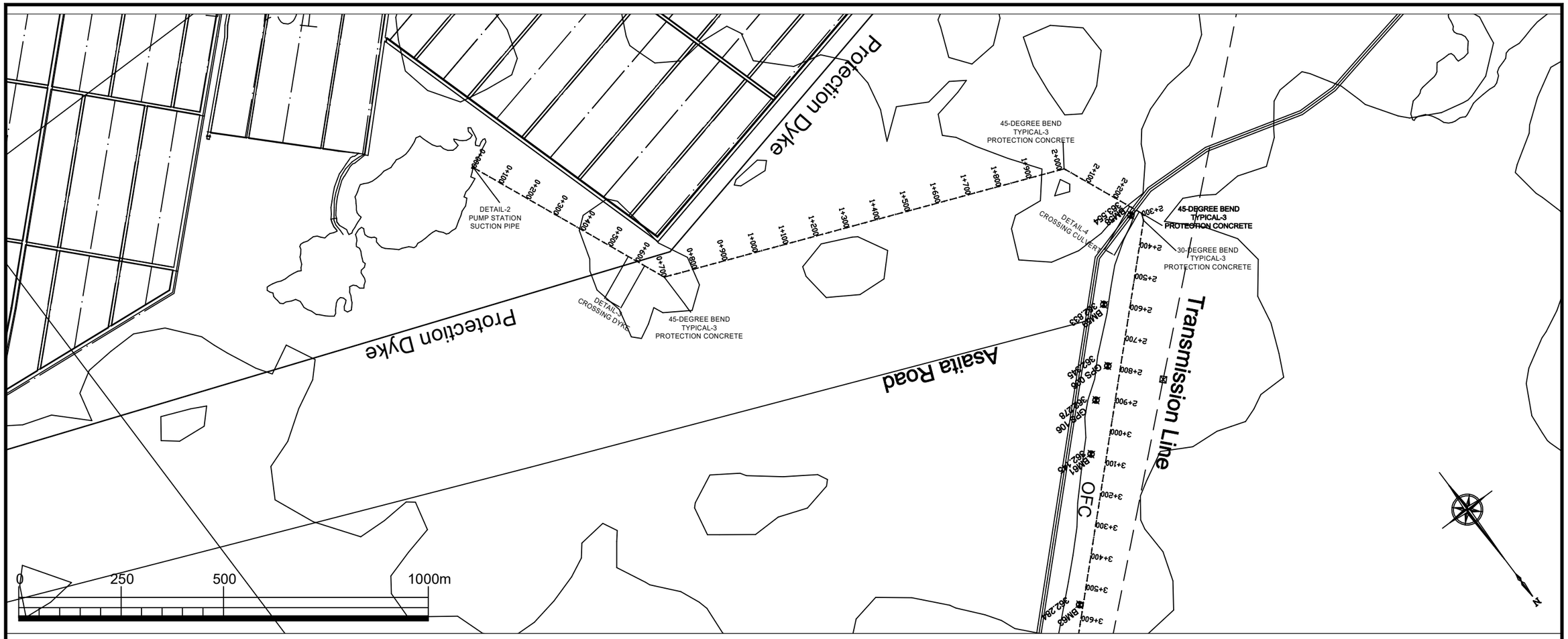
REMARKS:

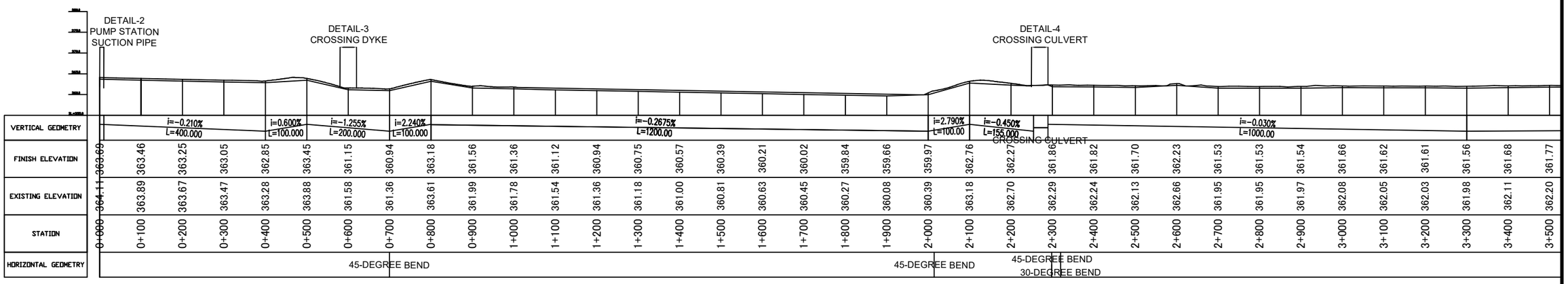
TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

FULL VIEW OF PIPELINE WORKS

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:40,000		PP-01	





JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

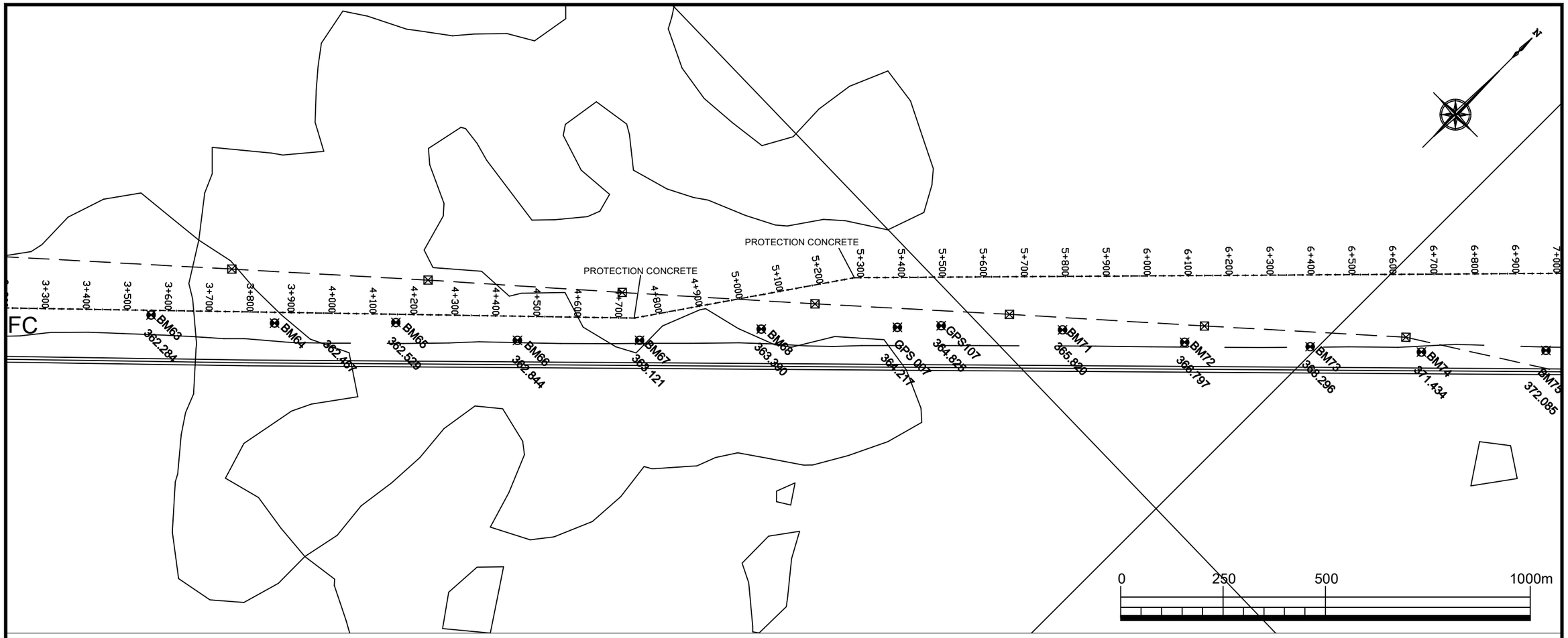
REMARKS:

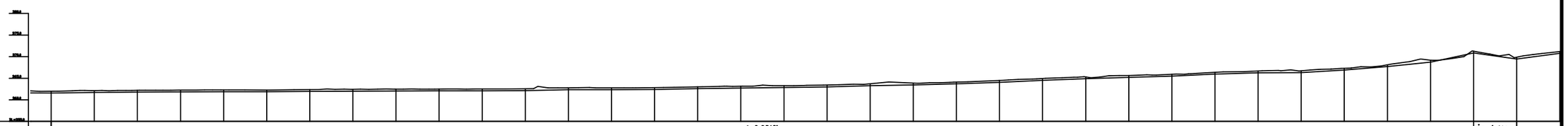
TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

PLAN AND PROFILE OF PIPELINE STA.0+000-3+300

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:10,000		PP-02	





STATION	FINISH ELEVATION	EXISTING ELEVATION
3+300	361.56	361.98
3+400	361.68	362.11
3+500	361.77	362.20
3+600	361.81	362.24
3+700	361.87	362.30
3+800	361.84	362.27
3+900	361.93	362.36
4+000	362.01	362.44
4+100	362.04	362.47
4+200	362.06	362.48
4+300	362.08	362.50
4+400	362.13	362.55
4+500	362.35	362.77
4+600	362.33	362.76
4+700	362.37	362.80
4+800	362.57	363.00
4+900	362.71	363.13
5+000	362.85	363.28
5+100	362.97	363.40
5+200	363.29	363.71
5+300	363.45	363.87
5+400	363.68	364.11
5+500	364.03	364.45
5+600	364.50	364.93
5+700	364.86	365.29
5+800	365.18	365.60
5+900	365.48	365.91
6+000	365.93	366.35
6+100	366.25	366.67
6+200	366.28	366.70
6+300	366.87	367.30
6+400	367.67	368.10
6+500	368.71	369.13
6+600	370.83	371.25
6+700	369.42	369.85
6+800	370.75	371.18

HORIZONTAL GEOMETRY: R=400 (4+600 – 4+900); R=500 (5+200 – 5+400)

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

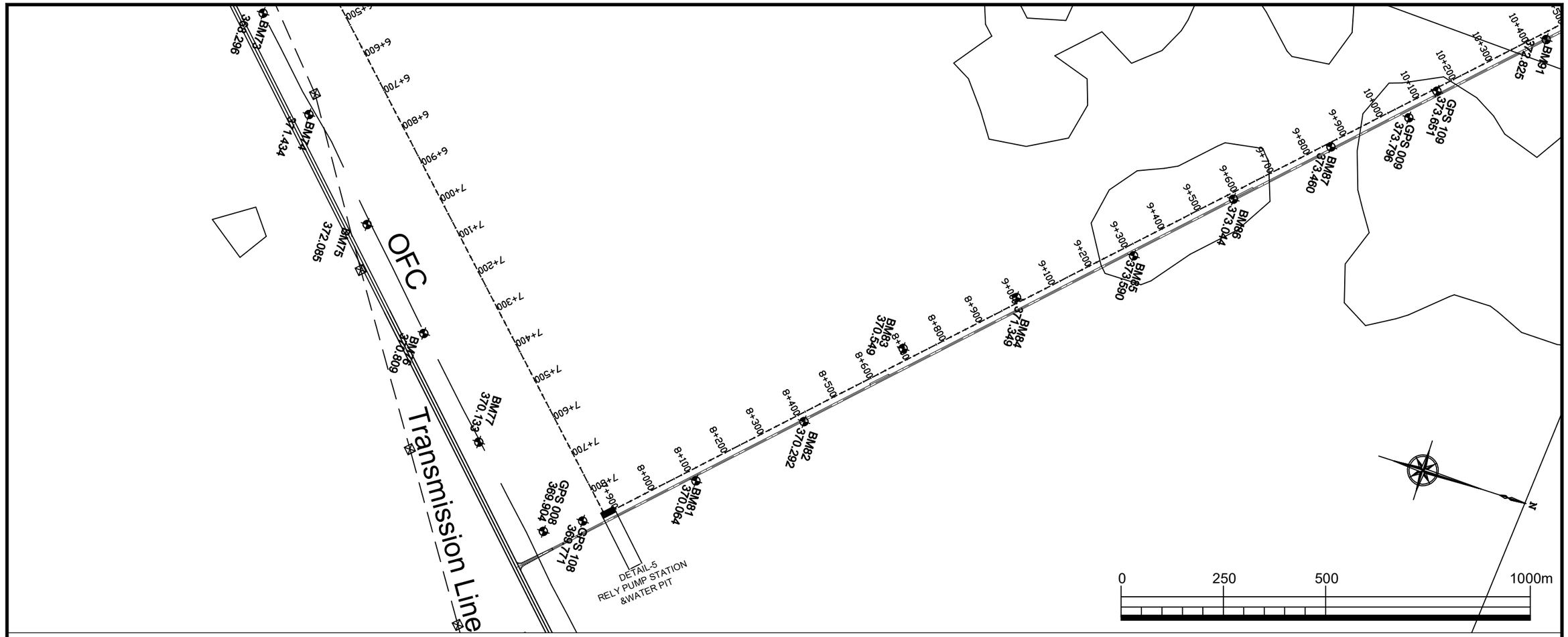
REMARKS:

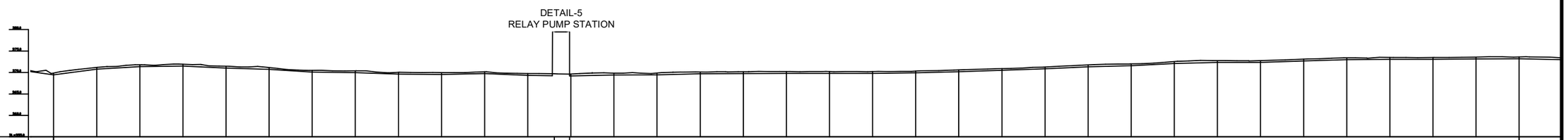
TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

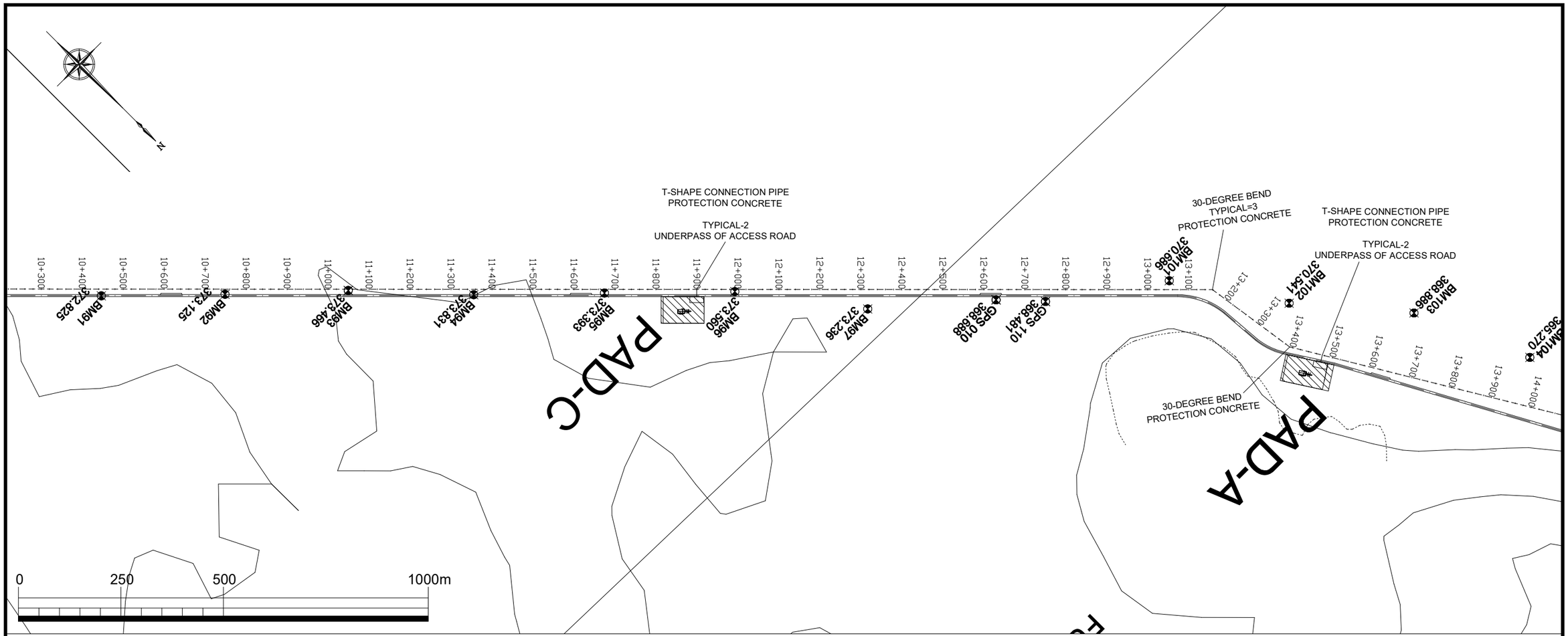
PLAN AND PROFILE OF PIPELINE STA.3+300-6+700

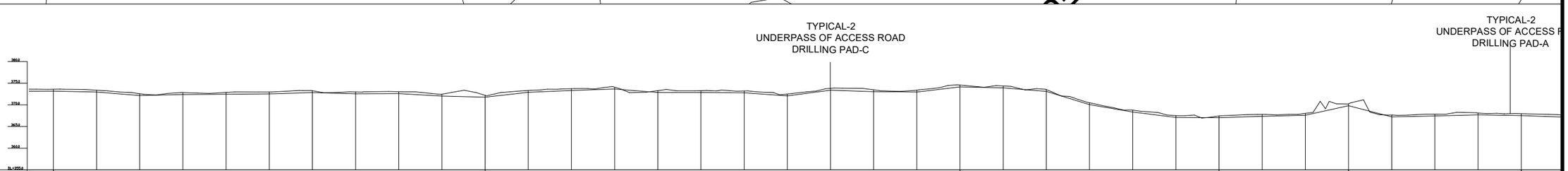
SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:10,000		PP-03	


OFC
Transmission Line
DETAIL-5
RELY PUMP STATION
&WATER PIT
0
250
500
1000m
N


DETAIL-5
RELAY PUMP STATION
WATER PIT

| | | |





VERTICAL GEOMETRY: i=-0.139% L=1000.00; i=0.295% L=800.00; i=-1.187% L=600.00; i=0.930% L=300.00; i=-0.575% L=400.00; i=-0 L=2

STATION	FINISH ELEVATION	EXISTING ELEVATION
10+100	373.18	373.60
10+200	372.96	373.39
10+300	372.15	372.58
10+400	372.40	372.83
10+500	372.45	372.88
10+600	372.54	372.96
10+700	372.84	373.27
10+800	372.56	372.98
10+900	372.61	373.04
11+000	372.04	372.47
11+100	371.79	372.21
11+200	372.9	373.33
11+300	373.33	373.75
11+400	373.67	374.09
11+500	372.87	373.29
11+600	372.86	373.29
11+700	372.79	373.21
11+800	372.07	372.50
11+900	373.40	373.82
12+000	373.05	373.48
12+100	372.97	373.40
12+200	374.15	374.58
12+300	373.94	374.36
12+400	373.12	373.54
12+500	370.06	370.49
12+600	368.35	368.78
12+700	367.09	367.52
12+800	367.03	367.45
12+900	367.35	367.77
13+000	367.61	368.03
13+100	369.82	370.24
13+200	367.22	367.65
13+300	367.44	367.86
13+400	367.69	368.12
13+500	367.52	367.95

HORIZONTAL GEOMETRY: T-SHAPE PIPE; 30-DEGREE BEND; 30-DEGREE BEND; T-SHAPE PIPE

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

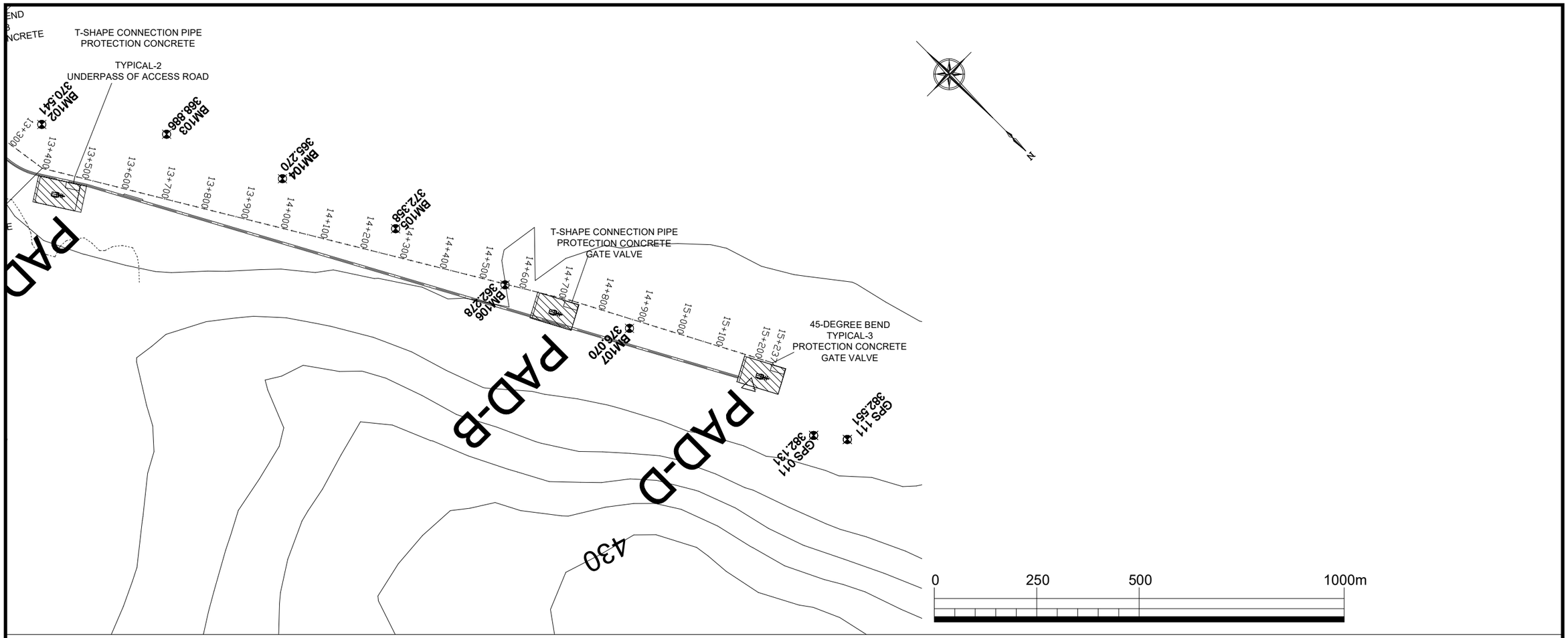
REMARKS:

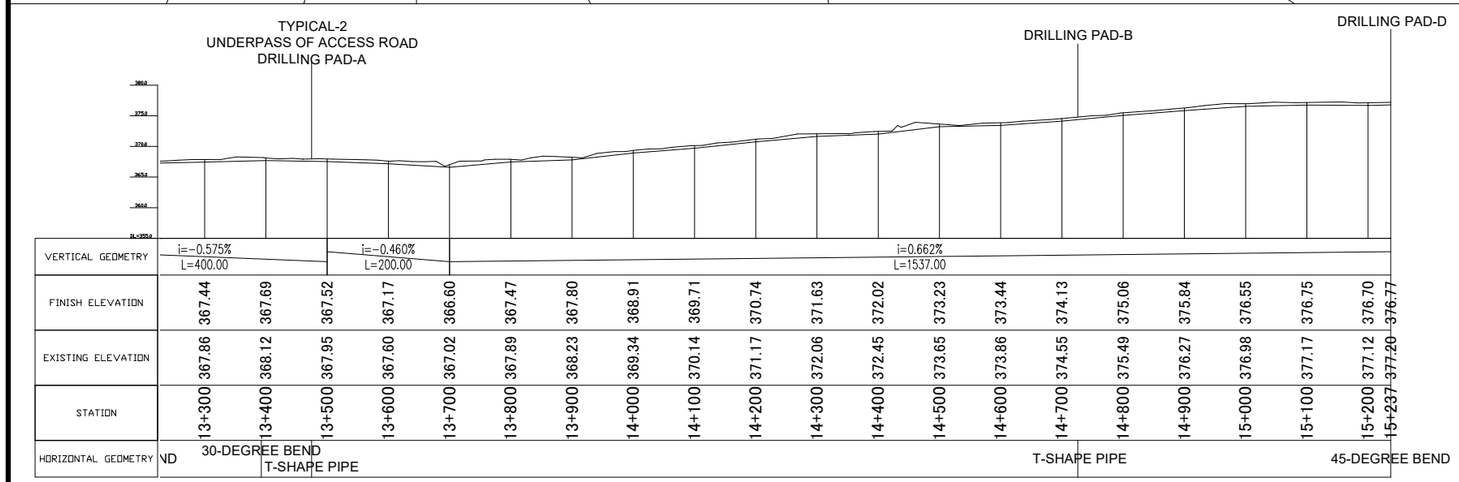
TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

DRAWING TITLE:

PLAN AND PROFILE OF PIPELINE STA.10+100-13+500

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:10,000		PP-05	





JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

REMARKS:

TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

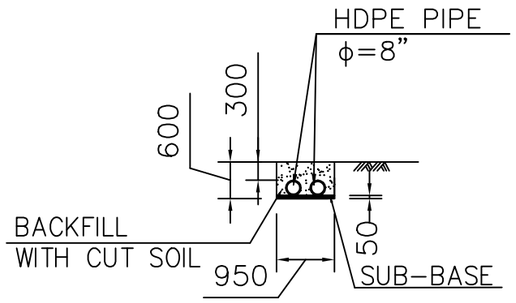
DRAWING TITLE:

PLAN AND PROFILE OF PIPELINE STA.13+500-15+237

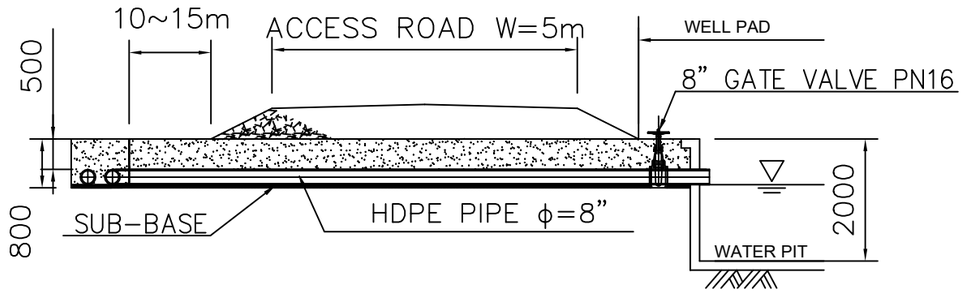
SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
1:10,000		PP-06	

TYPICAL CROSS SECTION

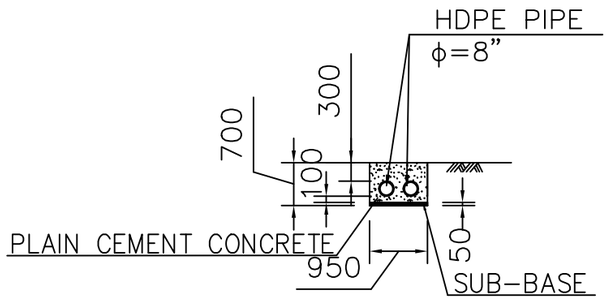
TYPICAL-1
SCALE1:100



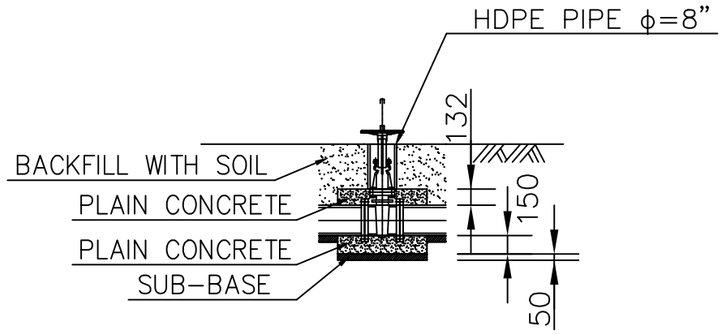
TYPICAL-2
UNDERPASS OF
ACCESS ROAD
SCALE1:100



TYPICAL-3
BEND PORTION
PROTECTION CONCRETE
SCALE1:100



DETAIL-1
GATE VALVE
SCALE1:50



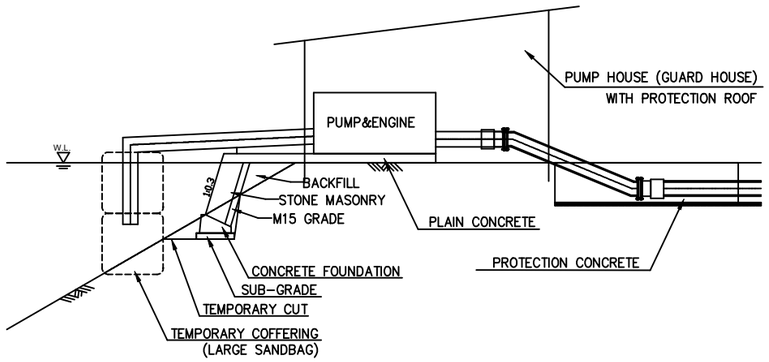
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	REMARKS:	TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT		
CLIENT: ETIOPIA ELECTRIC POWER		DRAWING TITLE: TYPICAL CROSS SECTION (PIPELINE)		
		SCALE: -	SHEET NO.:	DRAWING NO.: PP-07 / REV. NO.:

DETAILS OF PIPELINE

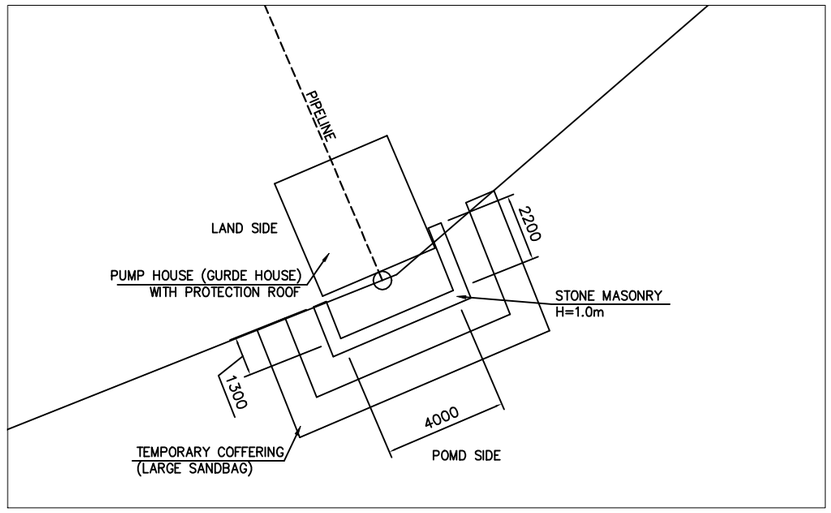
(SCALE 1:100)

DETAIL-2
PUMP STATION & SUCTION PIPE

CROSS-SECTION VIEW
SCALE1:100

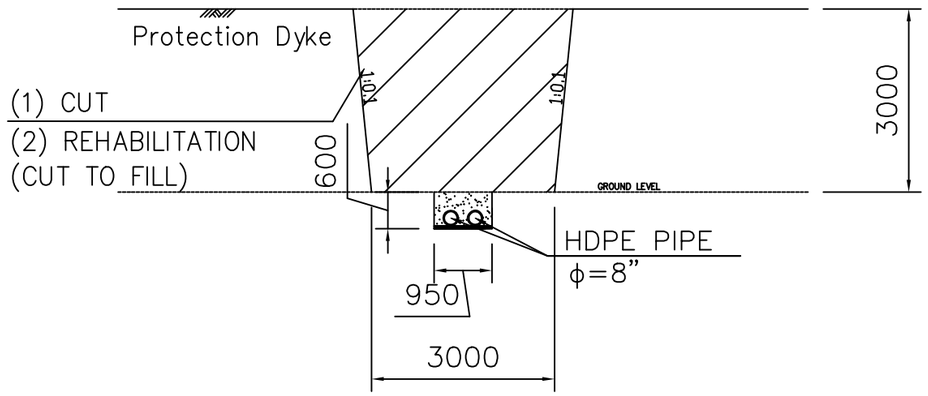


PLANE VIEW
SCALE1:200

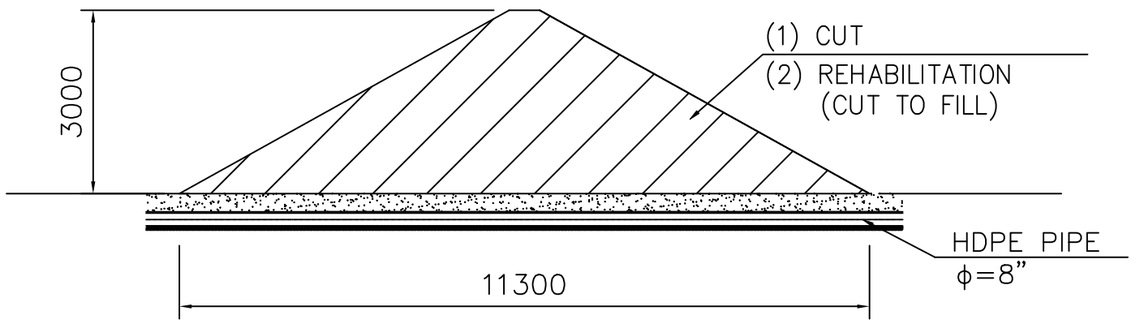


DETAIL-3
CROSSING PROTECTION DYKE

CROSS-SECTION VIEW
SCALE1:100



LONGITUDINAL CROSS-SECTION VIEW
SCALE1:100



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY

CLIENT:

ETIOPIA ELECTRIC POWER

REMARKS:

TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT

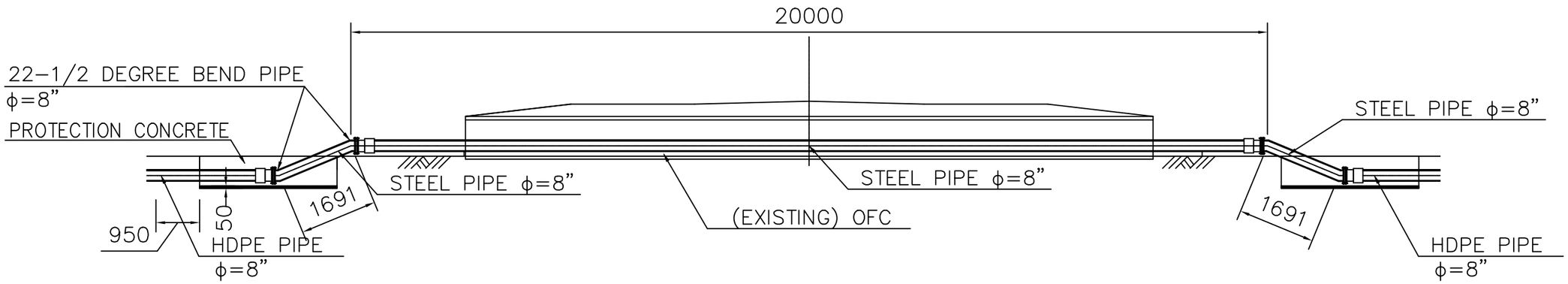
DRAWING TITLE:

DETAILS OF PIPELINE WORKS

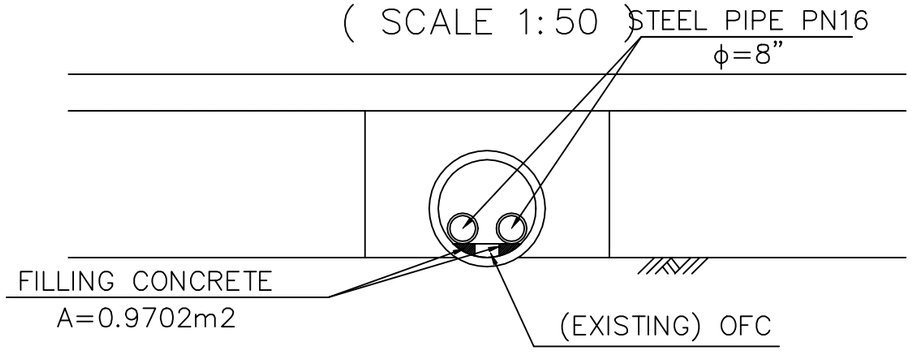
SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
-		PP-08	

DETAIL-4
CROSSING CULVERT

CROSS-SECTION VIEW
(SCALE 1:100)

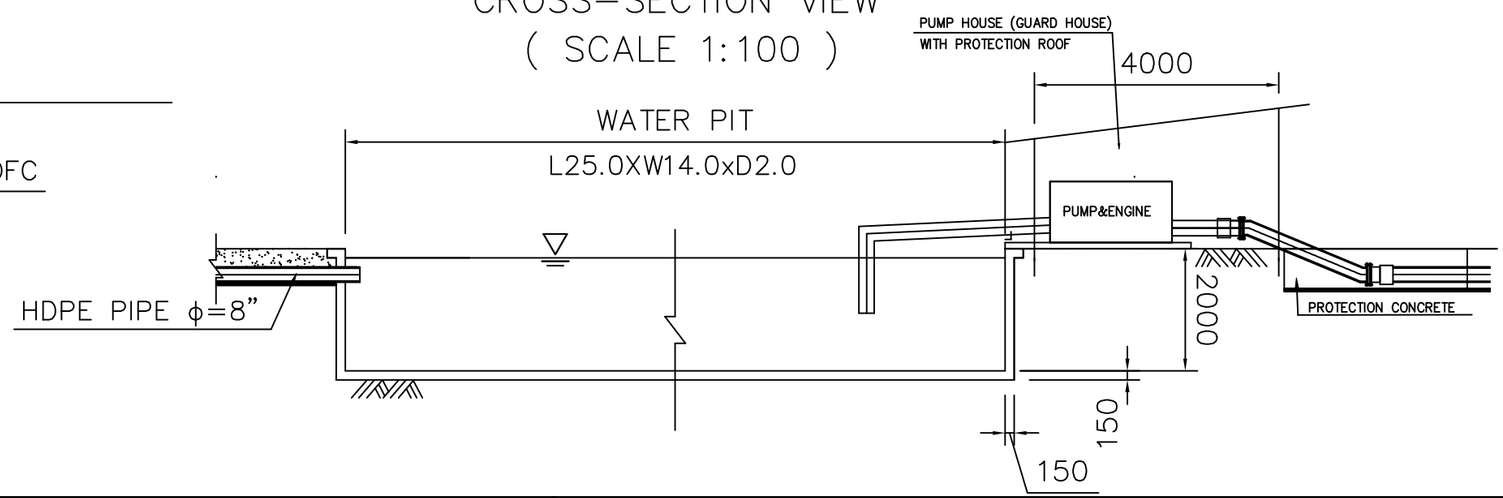


FRONT VIEW
(SCALE 1:50)

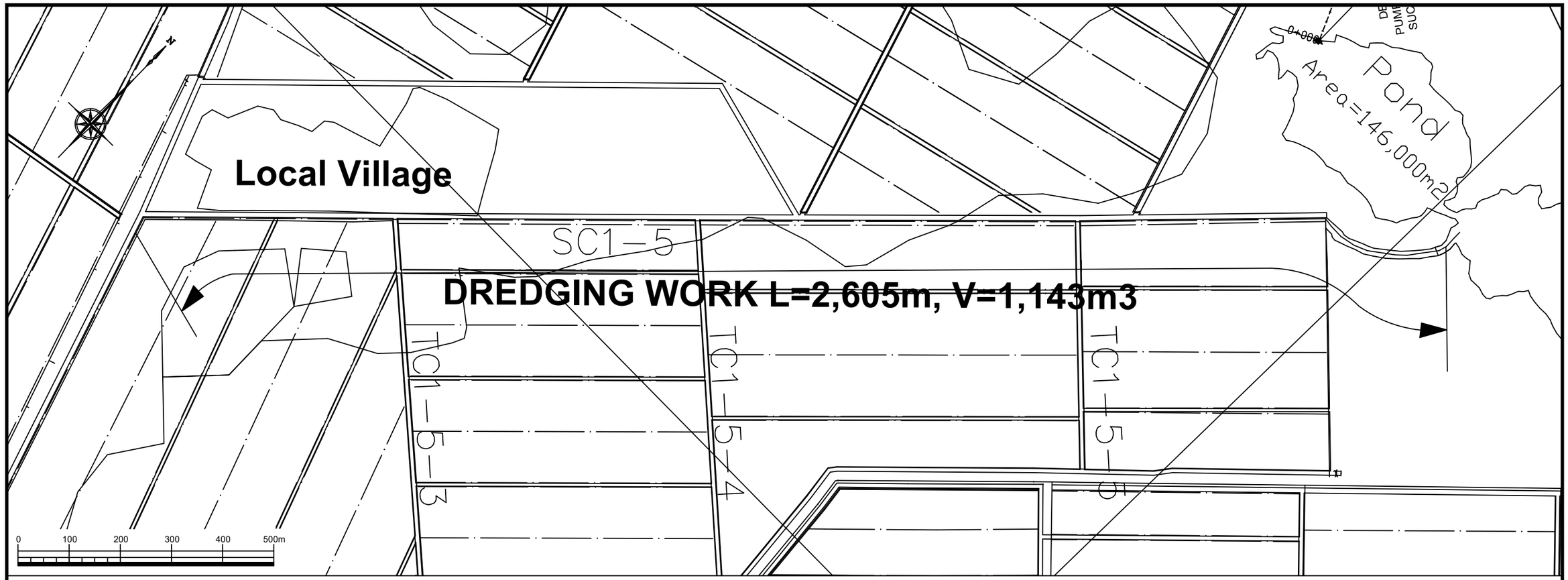


DETAIL-5
RELAY PUMP STATION

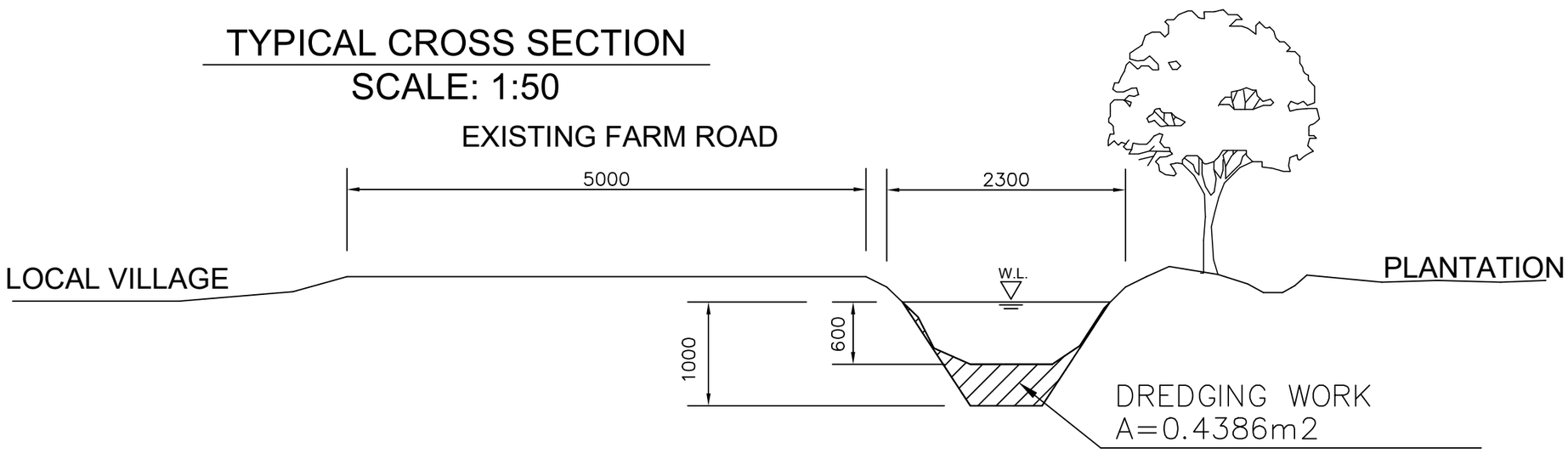
CROSS-SECTION VIEW
(SCALE 1:100)



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	REMARKS:	TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT		
CLIENT: ETIOPIA ELECTRIC POWER		DRAWING TITLE: DETAILS OF PIPELINE WORKS		
		SCALE: -	SHEET NO.:	DRAWING NO.: PP-09 / REV. NO.:



TYPICAL CROSS SECTION
SCALE: 1:50



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY	REMARKS:	TENDAHO GEOTHERMAL TEST WELL DRILLING PROJECT
CLIENT: ETIOPIA ELECTRIC POWER		DRAWING TITLE: DREDGING WORK IN SC1-5

SCALE	SHEET NO.	DRAWING NO.	REV. NO.
-		PP-10	